



**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO**

**ESPE – LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA  
AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DE LOS METODOS PARA  
EVITAR LA CORROSION EN LA INDUSTRIA  
AUTOMOTRIZ**

**JUAN CARLOS ARANDA PAZMIÑO**

**2005**

# CERTIFICACIÓN

CERTIFICO QUE EL SIGUIENTE PROYECTO FUE ELABORADO EN SU TOTALIDAD POR EL SEÑOR JUAN CARLOS ARANDA PAZMIÑO EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERIA DE EJECUCIÓN EN MECANICA AUTOMOTRIZ BAJO MI DIRECCIÓN Y CODIRECCIÓN

-----  
ING. MARIO LARA  
DIRECTOR

-----  
ING. LUIS MENA  
CODIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

Al realizar este trabajo dejo constancia un sincero agradecimiento a todos mis profesores que me han infundido sus conocimientos.

Y de una manera especial a la ESPE – Latacunga, por haberme brindado la oportunidad de prepararme y ser una persona útil a la Patria.

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto va dedicado a todas aquellas personas que han colaborado conmigo, para la elaboración de éste trabajo.

En especial a mis queridos Padres que con vuestro gran sacrificio y a pesar de la distancia supieron guiarme por el sendero correcto.

Gracias también a mis hermanos y amigos que fueron una columna en mis momentos de debilidad y que siempre estuvieron a mi lado.

# CONTENIDO

## ESTUDIOY MEJORAMIENTO DE LOS METODOS PARA EVITAR LA CORROSION EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

### INDICE

#### I) INTRODUCCIÓN GENERAL

#### II) MARCO TEORICO

2.1	Conceptos básicos de corrosión .....	4
2.1.1	Circuito eléctrico de la corrosión .....	5
2.1.1.1	Ánodo .....	5
2.1.1.2	Cátodo .....	5
2.1.1.3	Electrolito .....	5
2.1.2	Celdas Galvánicas .....	6
2.2	Concepto de oxidación .....	8
2.2.1	Formación de Óxidos metálicos .....	8
2.2.2	La serie Galvánica .....	9
2.3	Clasificación de la corrosión .....	11
2.3.1	Corrosión uniforme o general .....	11
2.3.2	Corrosión por picadura .....	12
2.3.3	Corrosión galvánica .....	12
2.3.4	Corrosión por aireación diferencial .....	13
2.3.5	Corrosión por deszincado .....	14
2.3.6	Corrosión graffítica .....	14
2.3.7	Corrosión por esfuerzo .....	15
2.3.8	Corrosión intercrystalina .....	15
2.3.9	Corrosión transcristalina .....	16

2.3.10 Corrosión por cavitación o Erosión – corrosión .....	16
2.3.11 Corrosión por rozamiento .....	16
2.3.12 Corrosión por exfoliación.....	17
2.3.13 Corrosión bacteriológica .....	17
2.3.14 Corrosión por corrientes parásitas .....	17
2.4 La corrosión en el automóvil .....	18
2.4.1 Carrocería .....	18
2.4.2 Bastidor del chasis y partes inferiores .....	20
2.4.3 Soldaduras .....	21
2.4.4 Uniones .....	22
2.4.5 Frenos .....	22
2.4.6 Suspensión, dirección, transmisión y ruedas .....	22
2.4.7 Motor .....	23
2.4.8 Sistema de escape .....	23
2.4.9 Biocorrosión en el automóvil .....	24
2.4.10 Sistema eléctrico .....	25
2.5 La protección anticorrosiva .....	26
2.5.1 Recubrimientos protectores .....	26
2.5.1.1 Recubrimientos sin modificación de la superficie del metal base.....	26
2.5.1.2 Recubrimientos con modificación de la superficie del metal base.....	26
2.5.2 Protección catódica .....	27
2.5.3 Inhibidores de corrosión .....	28

### **III) METODOS DE PROTECCIÓN METALICO**

3.1 Galvanizado o Zincado .....	29
3.1.1 Propiedades físicas de los recubrimientos metálicos .....	29
3.1.2 Galvanizado en caliente .....	30
3.1.2.1 Inmersión en caliente Hot dip .....	30
3.1.2.2 Proceso de galvanizado en caliente .....	32
3.1.2.3 Ventajas del galvanizado en caliente .....	35
3.1.3 Galvanizado electrolítico o Electrodeposición .....	37
3.1.3.1 Descripción del proceso .....	38
3.1.3.2 Galvanizado con baño ácido de cinc .....	38
3.1.3.3 Galvanizado con baño alcalino de cinc .....	39

3.1.4	Galvanizado por cementación .....	41
3.1.4.1	Descripción del proceso .....	41
3.1.4.2	Ventajas de la sherardizacion .....	42
3.2	Cromado .....	43
3.2.1	Cromado electrolítico .....	43
3.2.2	Descripción del proceso .....	45
3.2.2.1	Ánodos .....	46
3.2.2.2	Corriente .....	46
3.2.2.3	Voltaje .....	47
3.2.3	Ventajas del cromado electrolítico duro .....	47
3.2.3.1	deposito directo .....	47
3.2.3.2	Adherencia .....	47
3.2.3.3	Deposito en frío .....	47
3.2.3.4	Revestimiento y no endurecimiento .....	48
3.2.3.5	Renovación y recuperación .....	48
3.2.3.6	Descromado seguido de un cromado .....	48
3.2.4	Desventajas del cromado electrolítico duro .....	49
3.2.4.1	Cláusulas relativas a la adherencia .....	49
3.2.4.2	Débil poder penetrante .....	49
3.2.4.3	Aristas y puntas .....	50
3.2.4.4	Estado superficial del metal base .....	50
3.2.4.5	Hidrogenación .....	50
3.2.4.6	Resistencia a la fatiga .....	50
3.3	Pabonado o recubrimiento químico de oxido .....	51
3.3.1	Métodos de Pabonado .....	51
3.4	Latonado .....	53
3.5	Preparación de Superficies .....	54
3.5.1	Desengrasado .....	55
3.5.2	Descascarillado .....	56
3.5.2.1	Decapado químico .....	56
3.5.2.2	Decapado electrolítico .....	56
3.5.2.3	Decapado por abrasión mecánica .....	57
3.5.2.4	Exposición a los agentes meteorológicos .....	57
3.5.2.5	Limpieza a la llama .....	58

3.5.3 Pulido .....	58
3.6 Productos y Herramientas .....	59
3.6.1 Desengrasado .....	59
3.6.1.1 Sosa cáustica .....	59
3.6.1.2 Carbonato sódico .....	59
3.6.1.3 Ortofosfato sódico .....	59
3.6.1.4 Silicatos alcalinos .....	60
3.6.1.5 Jabón y detergentes sintéticos .....	60
3.6.1.6 Disolventes de desengrasado .....	60
3.6.1.7 Emulsiones disolventes .....	60
3.6.2 Descascarillado .....	61
3.6.2.1 Limpieza con chorro de arena .....	61
3.6.2.2 Abrasivos .....	62
3.6.3 Pulido .....	64
3.6.3.1 Pulido del cromo .....	65

#### **IV) METODOS DE PROTECCION NO METALICO**

4.1 Pinturas .....	66
4.1.1 Las pinturas como acabado orgánico .....	66
4.1.2 Composición de las pinturas .....	67
4.1.3 Componentes de las pinturas .....	68
4.1.3.1 Resinas .....	68
4.1.3.2 Pigmentos .....	68
4.1.3.3 Disolventes .....	69
4.1.3.4 Aditivos .....	70
4.2 Esmaltes .....	71
4.2.1 Esmaltes alquídicos .....	72
4.3 Acrílicos .....	73
4.3.1 Termoplásticos o no reactivos .....	74
4.3.2 Termoendurecibles o reactivos .....	74
4.4 Poliuretanos .....	74
4.4.1 Pintura de poliuretano .....	75
4.4.2 Pinturas metalizadas con resina poliéster .....	75
4.5 Recubrimientos plásticos .....	76

4.5.1	Polímeros .....	76
4.5.2	Plásticos sintéticos .....	78
4.5.2.1	Plásticos termoplásticos .....	78
4.5.2.2	Plásticos termoestables .....	79
4.5.3	Poliuretano PU .....	79
4.6	Recubrimientos con capas poliuretanos .....	81
4.6.1	Elastómeros .....	82
4.6.2	Espuma de poliuretano .....	83
4.6.2.1	Poliol .....	83
4.6.2.2	Isocianato .....	83
4.6.3	Aplicaciones automotrices .....	84
4.6.3.1	Condiciones climáticas para la aplicación .....	84
4.6.4	Superficies metálicas a recubrir .....	85
4.6.4.1	Eliminación de oxido .....	85
4.6.4.2	Desengrasado .....	86
4.6.4.3	Cámara de recubrimiento .....	86
4.6.4.4	Preparación de la mezcla .....	86
4.6.4.5	Aplicación del recubrimiento .....	87
4.7	Recubrimiento de base de pintura ELPO .....	89
4.7.1	Consideraciones teóricas .....	89
4.7.1.1	Características de ELPO .....	90
4.7.2	Principios básicos .....	90
4.7.2.1	Voltaje e intensidad .....	90
4.7.2.2	Temperatura .....	91
4.7.2.3	Agitación .....	92
4.7.2.4	Efecto de pH .....	92
4.7.3	Preparación de Superficies para el electropintado .....	92
4.7.3.1	Eliminación de cascarilla y oxido .....	92
4.7.3.2	Desengrase y limpieza .....	93
4.7.3.3	Fosfatado .....	94
4.7.4	Descripción del proceso .....	95
4.7.4.1	Procesos electroquímicos .....	97
4.7.4.2	Constituyentes de la pintura .....	97
4.7.5	Equipo para recubrimiento ELPO .....	98

4.7.5.1	Equipo eléctrico .....	98
4.7.5.2	Tanque de pintura .....	98
4.7.5.3	Bombas y mezcladores .....	99
4.7.5.4	Filtros de pintura .....	99
4.7.5.5	Cambiador de calor .....	100
4.7.5.6	Transportador .....	100
4.7.5.7	Lavado y curado .....	100
4.8	Preparación de superficies .....	101
4.8.1	Limpieza química .....	102
4.8.1.1	Procedimientos .....	102
4.8.2	Limpieza manual .....	103
4.8.2.1	Procedimientos .....	103
4.8.3	Limpieza con abrasivos .....	104
4.9	Productos y Herramientas .....	105
4.9.1	Secantes de pinturas .....	105
4.9.2	Soluciones desengrasantes hidrosolubles .....	105
4.9.3	Pistola rociadora .....	106
4.9.3.1	Pistolas aerográficas HVLP .....	107
4.9.4	Instalación de aire comprimido .....	108
4.9.5	Accesorios .....	110

## **V) CORROSION DE PARTES INTERNAS Y ELEMENTOS MECÁNICOS DEL VEHÍCULO**

5.1	Bloque de cilindros .....	111
5.2	Cabezote .....	113
5.3	Bomba de agua .....	113
5.3.1	Bombas de Aluminio .....	114
5.4	Radiadores .....	115
5.4.1	Radiadores de Aluminio .....	115
5.4.2	Radiadores de cobre, bronce y plástico .....	117
5.5	Discos y tambores de freno .....	118
5.6	Métodos de protección .....	119
5.6.1	Inhibidores de Corrosión .....	119
5.6.1.1	Inhibidores Anódicos .....	120

5.6.1.2	Inhibidores Catódicos .....	121
5.6.1.3	Inhibidores Sinérgicos .....	121
5.6.1.4	Inhibidores de Adsorción Específica .....	122
5.6.2	Refrigerantes .....	122
5.6.2.1	Refrigerante para motores diesel .....	122
5.6.3	Preparaciones Anticorrosivas Automotrices .....	123
5.6.3.1	Removedores de corrosión y líquidos para desmantelar .....	124
5.6.3.2	Tratamiento protector interno .....	125

## **VI) CONSTRUCCION Y PRUEBAS**

6.1	Construcción de probetas .....	126
6.2	Aplicación de los procesos estudiados .....	127
6.2.1	Galvanizado Electrolítico .....	127
6.2.2	Cromado Decorativo .....	128
6.2.3	Pabonado .....	129
6.2.4	Latonado .....	130
6.2.5	Pinturas automotrices .....	130
6.2.6	Polímero termoendurecible .....	132
6.3	Pruebas en distintos ambientes .....	132
6.3.1	Niveles de PH .....	133
6.3.2	Ejecución y Resultado de Pruebas .....	133

## **VII) MANUAL DE COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES A DIFERENTES PROCESOS**

7.1	Recubrimientos Metálicos .....	138
7.1.1	Pernos tuercas y tornillos .....	138
7.1.2	Chapas de acero .....	139
7.1.3	Válvulas y árbol de levas .....	139
7.1.4	Camisas de cilindro y segmentos .....	140
7.1.5	Engranajes, Pistones y Ejes de bombas .....	140
7.1.6	Cigüeñales .....	140
7.1.7	Parachoques y parrillas .....	141
7.1.8	Carburadores y cañerías de freno .....	141
7.1.9	Neumáticos .....	141

7.1.10 Otros .....	142
7.2 Recubrimientos No Metálicos .....	142
7.2.1 Carrocería .....	142
7.2.2 Aros de Rueda y depósitos de combustible .....	143
7.2.3 Sistemas de transmisión, dirección y suspensión .....	143
7.2.4 Pasos de rueda y paneles inferiores de piso .....	144
7.2.4.1 Cera protectora de paneles inferiores .....	145
7.2.5 Dobleces .....	145
7.2.6 Puertas, costuras y cajeados .....	145
7.2.7 Bases de motor .....	146
7.2.8 Baldes de camionetas, furgones y plataformas .....	147
7.3 Corrosión en los recubrimientos Metálicos y No Metálicos .....	148

## **VIII) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **GLOSARIO**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

# CAPITULO 1

## INTRODUCCION GENERAL

El hombre, en su afán de lograr mejores condiciones de vida, ha usado constantemente su ingenio durante su larga historia. Para lograr tal objetivo, mucho lo ha debido al uso de metales que ahora forman parte de nuestra vida y, casi sin quererlo, hemos creado una dependencia tal que sería imposible hablar del desarrollo y avance de la civilización moderna sin el uso de metales y aleaciones. Para la movilización el hombre lo hace usualmente en un medio de transporte fabricado en su gran totalidad de metal: autobús, coche, tren, etc. Si, mientras viajamos nos detenemos a pensar por un momento en la cantidad de metal que usa el transporte en el que vamos, nos sorprenderíamos al enterarnos de que es inmensa la cantidad de éste empleada en la carrocería, en el motor, con todo y sus componentes; incluso en el sistema de energía, como lo es el acumulador, encontramos metal en forma de láminas de plomo sumergidas en un medio ácido.

La corrosión de los materiales ha resultado ser uno de los problemas más relevantes en el contexto mundial, no es un fenómeno exclusivo de los metales sino también de plásticos, fibra de vidrio, concreto, etc. Lo anterior ha cambiado el enfoque con que hoy se abordan las distintas problemáticas. En este sentido, el conocimiento del origen del proceso en sus aspectos fundamentales y la selección de materiales han pasado a ser aspectos relevantes al momento de diseñar y fabricar nuevos accesorios y partes de los automóviles. Abordando ésta problemática, durante el avance de este trabajo trataremos las consecuencias

nocivas que se presentan en el campo automotriz; las causas y cómo la corrosión se manifiesta y repercute en las partes expuestas de los vehículos a tal fenómeno.

Es interesante el pensar que un metal puede permanecer estable por un período indefinido, si es que se le mantiene en el vacío, es decir, en donde el metal no entre en contacto con ningún medio o sustancia, incluyendo al aire por supuesto. La gran mayoría de metales adquieren esa estabilidad sólo cuando se les aísla del ambiente, si esto no ocurre los metales pueden reaccionar y formar compuestos. Estos compuestos permanecen sobre la superficie del metal y son por lo general frágiles, de mal aspecto y fácilmente desprendibles, por ejemplo los óxidos del hierro. Existen diversas formas por las cuales un metal o aleación deja de ser útil a consecuencia de su inestabilidad frente al medio, el metal bien puede disolverse lentamente y llegar a transformarse totalmente en otra especie.

Asimismo, los metales bajo ciertas condiciones, pueden formar grietas y romperse súbitamente al estar sujetos simultáneamente a un medio agresivo y a un esfuerzo mecánico moderado. También pueden ser atacados muy localizadamente en forma de pequeños agujeros profundos llegando a perforar gruesas secciones de estructuras metálicas, haciendo a éstas deficientes en sus propiedades mecánicas e inutilizándolas por completo. Los metales también pueden sufrir de fatiga con la consecuente pérdida de resistencia cuando son sometidos a esfuerzos periódicos o fragilizarse y ser inoperativos, es así, que en la realización de este proyecto, luego del estudio de los diferentes métodos y preparaciones de protección Metálicos y No Metálicos contra la corrosión, se incursionara en la aplicación de protección anticorrosiva a distintos materiales utilizados en la industria automotriz expuestos a diversos ambientes. Básicamente tales métodos de protección anticorrosiva, son intentos para interferir con el mecanismo de corrosión. Dado que para que exista un proceso de corrosión debe formarse una pila o celda de corrosión, la eliminación de alguno de sus componentes esenciales, podría llegar a detener el proceso. En la práctica, existen tres maneras básicas de lograr lo anterior y por tanto de luchar contra la corrosión:

Aislamiento eléctrico del material, que puede lograrse mediante el empleo de pinturas o resinas, depósitos metálicos de espesor suficiente o por aplicación de recubrimientos diversos. De esta forma, se puede lograr aislar el metal del contacto directo con el medio agresivo.

Cambiando el sentido de la corriente en la pila de corrosión, conectando eléctricamente, por ejemplo, el acero con un metal más activo (cinc o magnesio) podemos llegar a suprimir la corrosión del acero, ya que dejará de actuar como ánodo y pasará a comportarse como cátodo, dejando el papel de ánodo al metal más activo.

Polarización del mecanismo electroquímico, esto se puede lograr bien eliminando el oxígeno disuelto, bien mediante la adición en el medio agresivo de ciertas sustancias llamadas inhibidores, las cuales pueden llegar a polarizar uno de los electrodos de la pila de corrosión y por lo tanto, llegar a detener o cuanto menos disminuir sus efectos.

Finalmente, el propósito de este proyecto se enfoca a la correcta aplicación de los diversos métodos anticorrosivos automotrices, puesto que, también la seguridad y bienestar de los pasajeros depende en gran parte de los materiales que fabrica y emplea el hombre para construir sus medios de transporte, refiriéndonos a cuan eficiente es un material para cumplir una o varias solicitaciones mecánicas estrictamente necesarias. Como sabemos, la industria metalúrgica es altamente costosa en energía, de modo que el estudio de la corrosión nos permite ahorrar enormes sumas de dinero. Pero sobre todo se habrá tomado conciencia del fenómeno de la corrosión, sus efectos, y como la ciencia y la tecnología contribuyen a su control y remedio.

# CAPITULO 2

## MARCO TEORICO

### 2.1. CONCEPTOS BASICOS DE CORROSION

Se entiende por corrosión, a la interacción o reacción electroquímica de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas.

El fenómeno corrosión puede ser definido también como el deterioro de los materiales a causa de alguna reacción con el medio ambiente en que son usados. Este fenómeno no siempre involucra un cambio de peso o un deterioro visible, ya que muchas formas de corrosión se manifiestan por un cambio de las propiedades de los materiales, disminuyendo su resistencia.

La característica fundamental de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrolito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas anódicas y catódicas. Por regla general los materiales son influidos por la atmósfera y en el aire se encuentran oxígeno, vapor de agua, humos, compuestos con azufre y fósforo, gases de la combustión tales como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), ácidos diluidos tales como el ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y ácido nítrico ( $2\text{HNO}_3$ ).

#### 2.1.1. Circuito eléctrico de la corrosión

##### 2.1.1.1 Ánodo

Es aquella porción de la superficie del metal que se está corroyendo. Es el lugar donde el metal se disuelve y pasa a la solución; al momento de ocurrir esto es por que los átomos metálicos pierden electrones y pasan a la solución como iones. Los átomos contienen la misma cantidad de protones y electrones y al ocurrir una pérdida de electrones ocurre un exceso de carga positiva lo que resulta un ión positivo.

#### **2.1.1.2 Cátodo**

Es la cantidad de superficie metálica que no se disuelve y es el sitio de otra reacción química necesaria para que ocurra el proceso de corrosión. Los electrones que se liberan en el ánodo viajan hasta la zona catódica en donde se consumen por la reacción de un agente oxidante presente en el agua. El consumo de electrones se llama reacción de reducción.

#### **2.1.1.3 Electrolito**

Para que se complete el circuito eléctrico, la superficie metálica tanto del cátodo como del ánodo, deben estar cubiertas por una solución conductora de electricidad, es decir, de electrolito. El electrolito conduce la corriente del ánodo al cátodo y luego vuelve al ánodo a través del metal, completando el circuito. La combinación de ánodo, cátodo y electrolito se conoce como celdas de corrosión.

### **2.1.2. Celdas galvánicas**

Cuando dos metales diferentes, que tienen por lo tanto reactividades diferentes, son sumergidos en una misma solución conductora, a la cual llamamos electrolito, y son conectados eléctricamente entre sí, tendremos un flujo de electrones del metal más activo o anódico hacia el metal más noble o catódico, dejando al material anódico con una deficiencia de electrones. Esto trae como consecuencia que el metal más activo o ánodo se disuelva, es decir, se corroa.

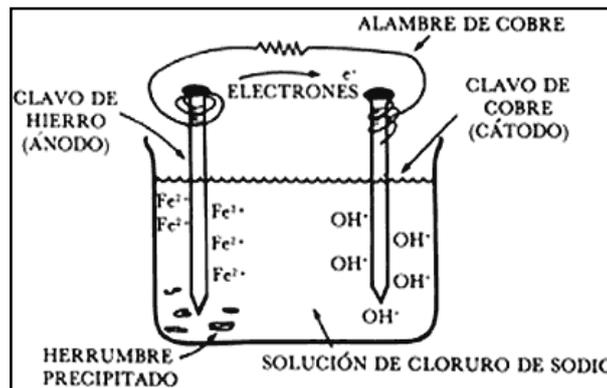


Fig. 2.1 Circuito básico de una Pila de Corrosión

A este sistema se le denomina una pila de corrosión, la cual está caracterizada por tener los componentes básicos para que un proceso de corrosión ocurra, que son: dos fases eléctricamente conductoras (el hierro y el cobre), un medio acuoso en donde existan iones conductores de la corriente eléctrica (la solución de cloruro de sodio Cl Na) y, para cerrar el circuito, un conductor eléctrico que una a las dos fases conductoras (el alambre de cobre). Es bien sabido que si uno de estos componentes falla, la corrosión no tendrá lugar.

La corrosión ocurre en lo fundamental como se ha descrito anteriormente: una reacción electroquímica (porque hay flujo de electrones y también transformaciones químicas) que se lleva a cabo simultáneamente en zonas catódicas y anódicas.

En la zona anódica de la reacción, es decir donde el hierro se está destruyendo gradualmente, el hierro cede electrones al circuito eléctrico externo (alambre de cobre) debido a la diferencia de potencial creado por el par hierro - cobre. Al entrar

en contacto el hierro y el cobre se crea pues una diferencia de potencial eléctrico entre los dos metales, que hace que se mueva un flujo de electrones entre ellos.

Las partículas metálicas sobre la superficie del clavo de hierro (que en un principio eran neutras) ceden electrones y se convierten en átomos cargados positivamente (iones  $\text{Fe}^{2+}$ ) los cuales al interaccionar con las moléculas de agua pasan a la solución como especies solubles hidratadas. Reacciones químicas posteriores harán que estos iones  $\text{Fe}^{2+}$  se transformen en el óxido rojizo o herrumbre, tan familiar para nosotros.

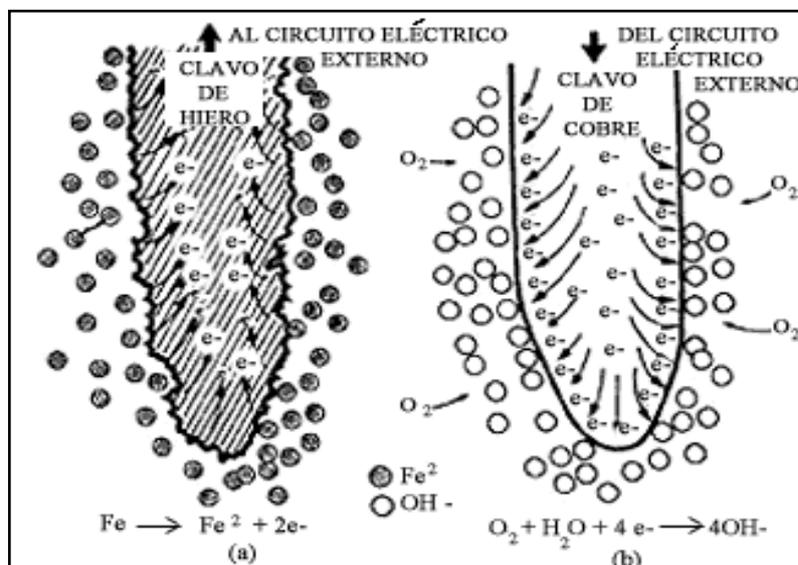


Fig. 2.2 Proceso de corrosión del par Hierro - Cobre

Pero ¿qué ocurre con los electrones cedidos por los átomos de hierro?. Debido a la diferencia de potencial creada, los electrones viajan a lo largo del circuito conductor externo hacia el cátodo (el clavo de cobre). Ahí, los electrones en exceso, presentes sobre la superficie catódica, se combinan con otras especies en solución con el fin de balancear la reacción química de corrosión. El oxígeno del aire disuelto en la solución es una de las especies que tienen afinidad por los electrones y que en combinación con el agua se transforma en especies oxidrilo

(OH). Así pues, el metal anódico se desintegra, mientras que el material catódico permanece casi sin ser afectado. Debe quedar claro que un proceso de corrosión involucra tanto la reacción anódica como la catódica, y que si una de las dos reacciones falla, el proceso de corrosión se detiene. Además la corriente galvánica se incrementa o disminuye de acuerdo a la salinidad del electrolito.

## **2.2. CONCEPTO DE OXIDACIÓN**

La oxidación es una reacción química en la cual una sustancia se combina con el oxígeno. Una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas.

### **2.2.1. Formación de Óxidos Metálicos**

El óxido de hierro se forma por contacto de éste y sus combinaciones con el oxígeno del aire y el agua, la resistencia a la oxidación es tanto mejor cuanto más bajo sea el contenido de carbono de un acero.

Las pequeñas partículas de hierro de la superficie de la pieza reaccionan con el agua y se combinan con el oxígeno formando óxidos. Aparece un óxido marrón poroso que posteriormente se levanta en forma de plaquetas, de esta forma el oxígeno y el agua pueden seguir penetrando hacia el interior y entrar en contacto con las partículas de hierro más profundas. En un principio se utilizaba el término de oxidación para designar aquellos procesos en los que una sustancia reaccionaba con el oxígeno; de esta forma, se decía que un compuesto se oxidaba cuando aumentaba su cantidad de oxígeno, e igualmente se decía que se reducía cuando ésta disminuía.

A partir de este concepto de oxidación, y con el tiempo, dicho vocablo ha evolucionado y se ha generalizado hasta abarcar hoy en día una gran cantidad de

reacciones en algunas de las cuales ni siquiera interviene el oxígeno. De hecho, en la actualidad entendemos por oxidación el proceso por el cual un compuesto pierde electrones. E inevitablemente, para que un compuesto pierda electrones otro los ha de ganar: así surge estrechamente ligado al concepto de oxidación el de reducción, que es el proceso mediante el cual un compuesto gana electrones.



**Fig. 2.3 Oxidación del hierro por contacto con el oxígeno y el agua**

### 2.2.2. La Serie Galvánica

A través de mediciones de laboratorio, es posible construir un cuadro de metales o aleaciones de acuerdo a su tendencia relativa a corroerse. Estas mediciones están basadas en el principio de la acción galvánica que existe entre dos metales distintos cuando se sumergen en un electrolito común. Todo lo que se necesita para hacer tal cuadro es, medir la diferencia de potencial entre pares de distintos metales y aleaciones, teniendo una solución conductora común que bien podría ser agua de mar. Los metales se irían ordenando de acuerdo a su mayor o menor tendencia a corroerse. A tal enumeración se le conoce como Serie Galvánica, en donde el arreglo de los metales dependerá del electrolito escogido.

Extremo Noble (Catódico o protegido)	Platino
	Oro
	Titanio

Potenciales mas positivos	acero inoxidable (pasivo)
	Plata
	Inconel
	Níquel (pasivo)
	Monel
	Aleaciones cobre – níquel (activo)
	Bronce al aluminio
	Cobre
	Latón rojo
	Latón al aluminio
	Latón amarillo
	Metal Muntz
	Acero inoxidable (activo)
	Hierro fundido
	Acero aleado
	Acero al bajo carbono
	Aleaciones de aluminio
	Cadmio
Extremo Base (Anódico o corroído) potenciales mas negativos	Aluminio
	Cinc
	Magnesio

**Tabla 2.1 Serie galvánica para metales en agua de mar**

Se ha observado que aquellos metales que poseen un potencial más positivo no sufren tanto por la corrosión y se les conoce como metales nobles. Ejemplo: el oro, el acero inoxidable pasivo, el cobre, etc. Por otro lado, sabemos que aquellos metales con potenciales más negativos se corroen rápidamente y se les conoce como metales base como ejemplo tenemos al cinc, magnesio y aluminio. También se observará en esta serie que algunos metales o aleaciones aparecen dos veces, dependiendo de la condición en que se encuentra su superficie, es decir, activa o

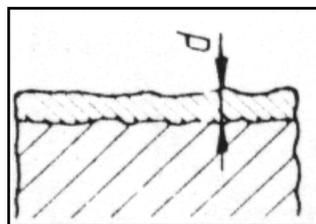
pasiva. Brevemente podemos decir que el término pasivo se refiere a una superficie metálica que contiene alguna película de óxido protector, y el término activo se refiere a la superficie metálica desprovista de tal película. Las superficies activas siempre están asociadas con potenciales más activos o base que las superficies pasivas.

Sin embargo, es importante establecer que la información contenida en estas series carece de una base científica precisa. Sus posiciones relativas dependen de una concentración específica del electrolito y también de la temperatura. Durante aplicaciones de campo, la tendencia de un metal o aleación a corroerse puede alterarse si es que hay variaciones en el medio ambiente. Si el electrolito cambia o al menos su concentración lo hace, tendríamos seguramente un nuevo arreglo de los metales en el cuadro ofrecido.

### **2.3. CLASIFICACION DE LA CORROSION**

#### **2.3.1. Corrosión uniforme o general**

Tiene como particularidad que se desarrolla con la misma rapidez por toda la superficie, este tipo de corrosión causa la pérdida general del metal.



**Fig. 2.4 Corrosión uniforme**

#### **2.3.2. Corrosión por picadura**

No es uniforme y ocurre en un área localizada, puede ser aguda y profunda, y es un ejemplo de un ambiente que ofrece algunas propiedades protectoras, pero no una inhibición completa de la corrosión. Se la asocia con la corrosión galvánica y la corrosión en hendiduras.

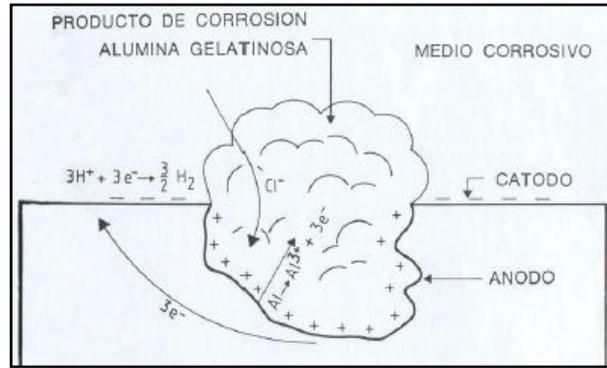


Fig. 2.5 Corrosión por picadura

### 2.3.3. Corrosión galvánica

Es el resultado de la exposición de dos metales distintos en el mismo ambiente, y es más notable cuando están conectados eléctricamente en forma directa. Con base en el potencial relativo de ambos metales, el que sea menos noble se corroerá a expensas del que sea más.

La corrosión galvánica se incrementa ante una mayor diferencia en el potencial, una mayor cercanía de los metales y una mineralización o conductividad aumentada en el electrolito.

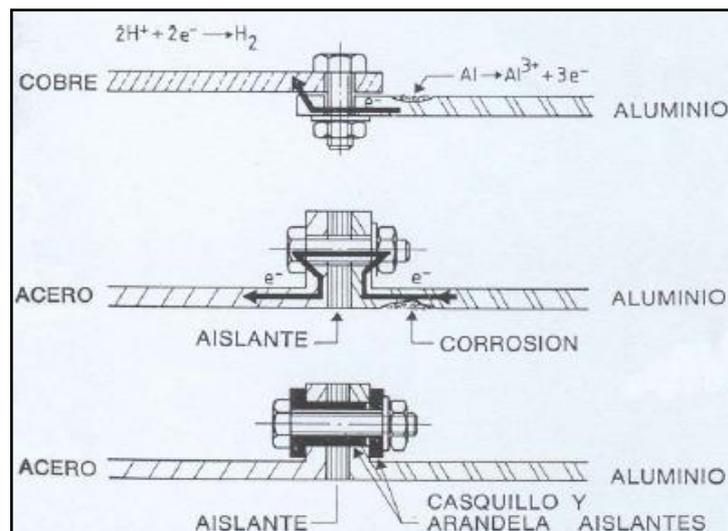


Fig. 2.6 Corrosión galvánica

### 2.3.4. Corrosión por aireación diferencial

En ella el oxígeno se vuelve deficiente en la hendidura o grieta, lo que causa una diferencia en potencial y provoca corrosión. El ejemplo más obvio es el caso de suciedad o escombros que se precipitan en una superficie metálica y causan una diferencia en la difusión del oxígeno hacia la superficie metálica.

La corrosión debajo de depósitos se produce por crecimientos bacterianos, suciedad (del polvo en el aire) y material en suspensión, que se adhieren a la superficie metálica, formando una celda electrolítica entre el área debajo del depósito y el área limpia vecina; la primera se vuelve anódica respecto a la segunda y se corroe; es frecuente que se forme una picadura o hueco debajo del depósito. Contar con superficies limpias es necesario, en particular para el mantenimiento apropiado del acero inoxidable, pues es indispensable que éste acceda fácilmente al oxígeno del aire para conservar sus propiedades anticorrosivas. A éste tipo de corrosión se le conoce también como corrosión por efectos Evans.

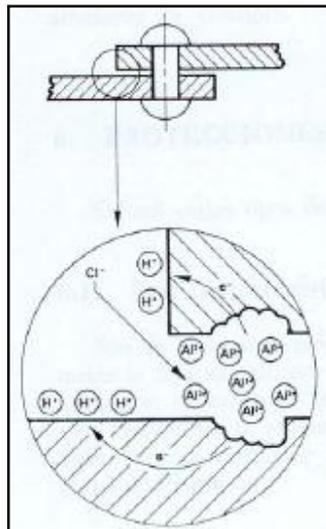


Fig. 2.7 Corrosión en una hendidura

### 2.3.5. Corrosión por deszincado

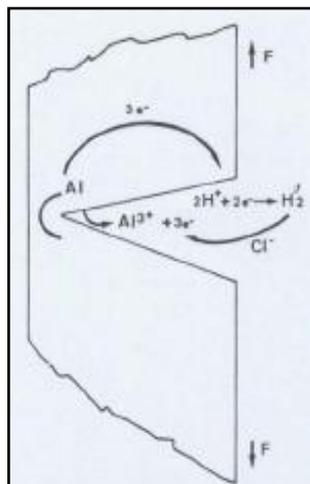
Ocurre en las aleaciones de cobre-cinc como el latón, porque el cinc es más anódico que el cobre y se corroe en ambientes hostiles mientras que el cobre queda en su sitio. El latón amarillo en aguas blandas e inestables es particularmente sensible a este tipo de corrosión; sin embargo, el latón rojo es mucho menos propenso a este tipo de corrosión.

### 2.3.6. Corrosión gráfitica

Se presenta en el hierro colado expuesto a aguas mineralizadas o con pH bajo (ácido). El grafito disperso en el hierro vaciado actúa como el cátodo y la aleación de hierro-silicio como ánodo. Esto provoca la disolución de la aleación de hierro y queda un grafito negro, como esponja, como material de estructura deficiente.

### 2.3.7. Corrosión por esfuerzo

La causa un esfuerzo tensor externo (fatiga) y suele evidenciarse en los límites de los granos de la microestructura del metal. La ruptura frecuente de la película protectora en la superficie región anódica continua, lo agrietamiento y la falla del

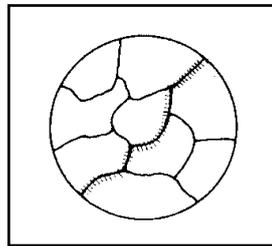


origina a menudo una que provoca el metal.

**Fig. 2.8 Corrosión bajo esfuerzo mecánico**

### **2.3.8. Corrosión intercrystalina**

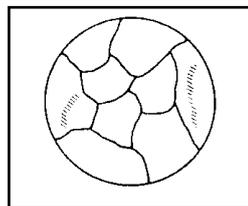
Es la que se localiza y se presenta a lo largo de los límites de los granos de la microestructura y tiene como consecuencia la reducción de resistencia.



**Fig. 2.9 Corrosión intercrystalina**

### **2.3.9. Corrosión transcristalina**

Se produce generalmente en el caso de una gran carga de tracción, y transcurre paralelamente a la dirección de deformación dentro del grano.



**Fig. 2.10 Corrosión transcristalina**

### **2.3.10. Corrosión por cavitación o Erosión-corrosión**

Es el proceso por el cual un líquido que fluye por la superficie destruye el film protector de algunos metales dejando lugar a la corrosión. El ataque por impacto a los tubos de cobre a velocidades mayores de 1.2 m/s y los cambios repentinos en la dirección del flujo causan una severa corrosión que se manifiesta en forma de agujeros hondos y redondeados. La corrosión por cavitación, la alta velocidad y los cambios en la dirección del flujo producen burbujas de gases en los puntos de baja presión y la resolución de los gases en los de alta. El arrancado de virutas delgadas de una superficie, en la cual aparecen unas ranuras, es una erosión-corrosión.

#### **2.3.11. Corrosión por rozamiento**

Es un tipo común de daño a la superficie producido por vibración, la cual causa choques o rozamientos en la interfaz de superficies sometidas a altas cargas y estrechamente ajustadas. Tal corrosión es común en superficies de ajustes por sujeción o de presión, ranuras de cuña, canales para llaves mecánicas, etc. Esta corrosión es mas bien un fenómeno mecánico-químico.

#### **2.3.12. Corrosión por exfoliación**

Es una corrosión subsuperficial que comienza sobre una superficie limpia, pero que se esparce debajo de ella y difiere de la corrosión por picadura en que el ataque tiene una apariencia laminar.

#### **2.3.13. Corrosión bacteriológica**

Se debe, como su nombre indica, a la acción de ciertas bacterias sobre los metales. Estas bacterias pueden ser heterotróficas, que exigen una fuente

orgánica de carbono para desarrollarse y autotróficas, capaces de crecer únicamente a expensas de los elementos minerales, tomando su energía de reacciones químicas o luminosas.

#### **2.3.14. Corrosión por corrientes parásitas**

Es posible culpar a la corrosión por corrientes parásitas de procesos corrosivos originados por otras causas.

Las corrientes parásitas derivadas de sistemas de protección catódicos pueden causar una corrosión severa de los sistemas vecinos cuando la corriente salga de las fuentes cercanas.

#### **2.4. LA CORROSION EN EL AUTOMÓVIL**

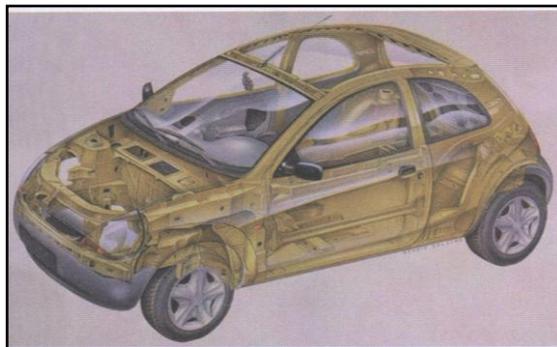
Actualmente los fabricantes de vehículos emplean en sus montajes las carrocerías del tipo Monocasco o Autoportante, fabricadas con acero estampado en forma de chapa, sin embargo el desarrollo tecnológico ha logrado ya reemplazar tal material por el aluminio, que es mucho mas ligero, mas fácil de conformar y tiene excelente resistencia, y el plástico reforzado con fibra de vidrio.

El acero es un variante del hierro que contiene porcentajes de carbono y otros elementos, la cantidad de carbono que contiene el acero es relativamente baja y rara vez supera el 2 %. El acero con alto contenido de carbono es duro y resistente, pero un bajo contenido de carbono hace al acero blando y menos resistente (acero dulce con menos del 0.25% de carbono).

### 2.4.1. Carrocería

Sabemos que mientras menos contenido de carbono tenga el acero, éste es mucho más resistente a la oxidación, razón por la cual los constructores apuestan a este tipo de acero suave para la fabricación de los distintos paneles y partes de la carrocería de sus automóviles; además de las buenas propiedades antioxidantes, el acero suave o dulce tiene las características de ser blando, conformarse y doblarse con facilidad, para ante todo en caso de colisión, la carrocería del vehículo precautele la vida de sus ocupantes.

Por el hecho de que se puede someter a las chapas metálicas a cualquier recubrimiento, se obtiene una ventaja de elegir un sistema apropiado contra la corrosión.



**Fig. 2.11 Carrocería autoportante**

Hoy en día antes que el vehículo se pinte en la fábrica, la carrocería se baña y se lava con varias soluciones para remover la grasa, y con álcalis para neutralizar los ácidos. Después la carrocería recibe un tratamiento por un procedimiento especial que cubre el metal con una capa de fosfato no metálico que realiza dos funciones:

- 1) Forma una película permanente que impide la corrosión

## 2) Une o enlaza la pintura al metal de la carrocería

La carrocería se sumerge en la solución fosfatada a temperatura especialmente controlada, entonces la carrocería se escurre y se enjuaga con una preparación especial. Finalmente, se seca por un proceso de calentamiento tras lo cual está lista para pintarse por rociado o inmersión.

Si recordamos lo mencionado acerca del contacto eléctrico (que se efectúa a través de la superficie metálica) que inicia la corrosión, comprenderemos que cuando la pintura está firmemente unida a la superficie metálica de la carrocería del vehículo, la corriente eléctrica no puede pasar. Si la carrocería sufre perjuicios por una colisión u otro accidente, de modo que el metal desnudo quede expuesto al oxígeno y a la humedad atmosférica, empezará la corrosión. Cuando esto suceda, se deberá rápidamente recurrir a la reparación respectiva.

### **2.4.2. Bastidor del chasis y partes inferiores**

Las partes del vehículo que reciben la menor atención son las que están ocultas debajo del motor y la carrocería. Por tanto, no es difícil que sufran bastante de corrosión.

El agua y el lodo de las carreteras contienen sales solubles tales como el cloruro de sodio ( $\text{ClNa}$ ) y el cloruro de calcio ( $\text{Cl}_2\text{Ca}$ ) que ofrecen unas características de ataque muy corrosivas, razón por la cual aparecen corrosiones por picaduras sobre los estribos de la carrocería, sobre los pasos de rueda, y en toda la zona inferior puede presentarse una corrosión uniforme producto de la exposición a ambientes bastante húmedos ó cálidos. En los largueros de los vehículos con chasis convencional, aparecen picaduras, corrosiones por el efecto Evans debajo del soporte de batería, y óxido en los sectores próximos a las ballestas de suspensión.

Pero el perjuicio no se causa solamente por corrosión electroquímica derivada de las superficies húmedas del camino, sino también de piedras, arena y otros materiales raspantes que son arrojados debajo del chasis y la carrocería y que desgarran la capa de pintura protectora y dejan el metal desnudo para que se produzca el ataque.

En algunos países con climas muy fríos, y particularmente en poblaciones y ciudades, se esparce sal sobre los caminos en invierno para disipar la nieve y el hielo. Esta sal forma un material muy corrosivo, como ya se mencionó que penetrará al acero, a menos que esté protegido. En los vehículos nuevos suele hacerse que el bastidor del chasis y las partes inferiores del vehículo se rocíen con un compuesto de hule. Esto formará una barrera protectora contra agua, arena y sal que sean arrojados hacia arriba por las ruedas.

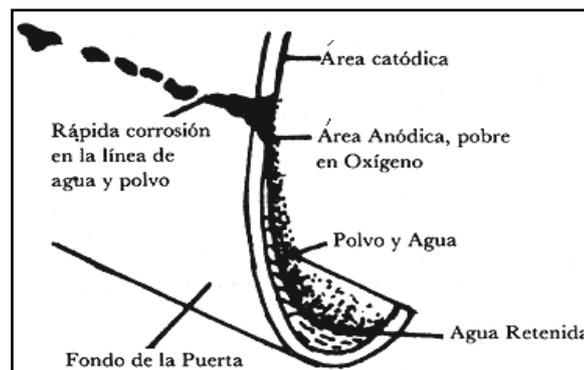


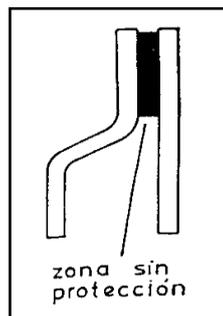
Fig. 2.12 Área de un coche más propensa a la corrosión.

### 2.4.3. Soldaduras

Consideremos de que no solo las zonas externas de la carrocería se exponen a la corrosión; sino también zonas internas, claro ejemplo son los puntos de suelda que unen distintos paneles y partes con los que se ensamblan las carrocerías. La zona de contacto entre las chapas queda escondida e inaccesible para un posterior tratamiento, además el punto de soldadura ya realizado origina por las

altas temperaturas, una zona por ambas caras de cascarilla de oxido, como asimismo un estado de tensión entre la chapa de esa zona y la circundante.

Por este motivo, antes de proceder al ensamblaje, debe protegerse la chapa de acero dulce por las caras de unión que luego quedarán ocultas, con productos antioxidantes que no se vean afectados por las altas temperaturas.



**Fig. 2.13 Área de soldadura sin protección**

#### **2.4.4. Uniones**

Se debe considerar los ensambles no fijos; como se mencionó en un inicio del capítulo al unir dos metales con reactividades distintas en un mismo medio, se origina la corrosión galvánica, ya que los pernos, seguros, arandelas, tornillos, bisagras, etc. proveen conexión eléctrica entre los dos metales distintos, cerrando el circuito de la corrosión.

Claro está que dichos elementos de sujeción quedan expuestos también a una oxidación - corrosión en sus cabezas y filetes, todo esto debido a que se suelen fabricar exclusivamente para el área automotriz con aleaciones de contenido medio de carbono en el acero.

#### **2.4.5. Frenos**

El sistema de frenos no escapa del efecto peligroso de la corrosión, es conveniente evitar las corrosiones por hendiduras y oxidaciones en las zapatas de freno fabricadas de acero y en los platos portazapatas. Las cañerías hechas de cobre, acero o latón, son fácil presa de una corrosión por dezincado, e igualmente los discos y tambores de freno de hierro fundido pueden acarrear una riesgosa corrosión intercrystalina.

#### **2.4.6. Suspensión, dirección, transmisión y ruedas.**

Indiscutiblemente que en vehículos tanto pequeños como grandes los sistemas suspensión, dirección y transmisión también se exponen a la atmósfera, éstas partes del vehículo están sometidas a un continuo ataque corrosivo debido a la humedad que proviene de caminos mojados.

Ahora analicemos un punto clave, el carbono da dureza y resistencia al acero, pero al mismo tiempo lo hace más débil frente a la oxidación. Necesariamente se debe fabricar con acero y altas aleaciones de carbono: ejes de transmisión, ejes de impulsión, resortes de ballestas, brazos de dirección, mesas de suspensión, brazos de control, etc. Donde cada una de estas piezas corre un riesgo a sufrir una corrosión por esfuerzo, tensión, vibración u otra sollicitación mecánica ó una corrosión con grietas por tensión, y éstas pueden darse de forma intercrystalina o transcristalina, provocando una reducción de la resistencia y una estructura deficiente, razón suficiente para pensar en la aplicación de algún método que retarde y contrarreste tales problemas.

#### **2.4.7. Motor**

Mencionemos ahora al motor de combustión interna, que sin lugar a duda tiene un gran problema causado por su sistema de refrigeración, esto exclusivamente para vehículos que tienen montados motores refrigerados por agua. El sistema en

mención, que abarca el block, cabezote, radiador, bomba de agua con todos sus conductos y cañerías, tiende a padecer de corrosión por cavitación, corrosiones por efecto Evans y corrosiones por celdas de concentración en todo el recorrido del sistema de refrigeración del motor. Para conservar tales partes en buen estado son ampliamente utilizados los Inhibidores de corrosión, que pueden ser anódicos, catódicos u otros.

#### **2.4.8. Sistema de escape**

Se dice que por cada 4 litros de gasolina empleados en un vehículo con motor de combustión interna, aproximadamente se descargan 5 litros de agua a través del escape en forma de vapor. Cuando el motor se pone en marcha en las mañanas, frecuentemente puede verse gotear el agua del tubo de escape, ésta es la condensación que forma el vapor de agua. Al combinarse el agua con los residuos de azufre de los gases de combustión, aparece el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), que con el paso del tiempo, destruye al metal.

No es extraño que los tubos de escape de los automóviles y los silenciadores estén siempre oxidados y corroídos, no pueden protegerse con pintura, pues ésta se quemaría rápidamente. Si el vehículo se usa solamente para carreras cortas, el sistema de escape no se calienta bastante para secarse y la corrosión es peor, debido a ello hay que cerciorarse siempre de que el motor se caliente lo suficiente para secar el sistema.

#### **2.4.9. Biocorrosión en el automóvil**

La corrosión bacteriana puede definirse como un proceso metabólico bacteriano que origina o acelera la destrucción de los metales. La corrosión de los metales en un vehículo se debe a las Bacterias Anaerobias, (originada por el

desulfovibrio). La corrosión anaeróbica tiene la aptitud para corroer el hierro y el acero, formándose sulfuro ferroso como producto de la corrosión.

Sin embargo, existen diversos tipos de bacterias que hay que tener muy en cuenta desde el punto de vista de la corrosión, como las Bacterias Aerobias (originadas por las bacterias ferruginosas y los thiobacillus), que por un lado ocasionan la formación de ácido sulfúrico y, por otro, forman sobre el metal precipitados que, al quedar adheridos en forma aislada, originan procesos de aireación diferencial y, por lo tanto, de formación de picaduras.

Las bacterias más comunes se desarrollan a potenciales próximos o inferiores a 0 y pH comprendidos entre 6 y 9. Esto quiere decir que si en un medio donde hay bacterias (que existen en todas partes en la naturaleza) los aportes nutritivos de origen orgánico son suficientes, las bacterias entran rápidamente en actividad, multiplicándose y metabolizando diferentes sustancias. Los microorganismos no pueden desarrollarse más que en determinadas condiciones de pH. Para cada grupo microbiano existen pH límites y un pH óptimo. En general, los medios neutros convienen a las bacterias heterótrofas que pueblan los medios naturales. Los límites de crecimiento de estas bacterias oscilan entre los pH de 5.5 a 8.5 o 9. Ciertas especies, como el Thiobacillus, se cultivan a pH muy bajos, de entre 1.8 y 2. La corrosión anaerobia se considera posible en valores de pH comprendidos entre 5.5 y 8.5.

Los vehículos mas propensos a sufrir corrosión bacteriológica también son aquellos que transportan alimentos congelados, agua, basura, desechos orgánicos etc. El acero inoxidable es utilizado extensamente en la fabricación de equipos de almacenamiento y transporte para evitar corrosión bacteriológica (formación de una capa superficial de óxido de cromo muy fina).

Sin embargo otros sistemas utilizan un panel modular el que está compuesto por dos caras metálicas, una exterior y otra interior, separadas por un núcleo de espuma rígida de poliuretano inyectado de alta densidad (45 a 50 kgs/m<sup>3</sup>). La cobertura metálica está conformada por láminas de acero, galvanizado en caliente, pre-pintado en poliéster siliconizado. Los paneles de piso, están fabricados en láminas de acero galvanizado en caliente, revestido de un material plastificado antideslizante. Suele ser extendido también el uso de espuma rígida de poliuretano, por su capacidad de resistir a varios agentes agresivos.

#### **2.4.10. Sistema eléctrico**

Finalmente, la corrosión puede afectar partes eléctricas del vehículo: arnés, terminales, puentes, conexiones, etc. son corroídas por efectos de suciedades, polvo, bacterias, agua, etc. Existe un gran número de diferentes metales en un vehículo, frecuentemente tenemos un chasis o bastidor de acero, cojinetes de bronce, terminales y tornillos de latón, etc. El factor más importante es que el circuito eléctrico parte del acumulador y regresa al mismo a través de la estructura metálica del chasis y la carrocería. Al contacto con el agua de lluvia u otra clase de humedad, puede formarse un electrolito que lleve la corriente de un punto a otro. En conclusión el vehículo es potencialmente una masa rodante de corrosión.

### **2.5. LA PROTECCION ANTICORROSIVA**

#### **2.5.1. Recubrimientos Protectores**

##### **2.5.1.1 Recubrimientos sin modificación de la superficie del metal base**

- Recubrimientos no-metálicos: podemos incluir dentro de éstos las pinturas, barnices, lacas, resinas naturales o sintéticas, grasas, ceras, aceites, etc. que proporcionan una protección temporal o indefinida.
- Recubrimientos orgánicos de materiales plásticos: esmaltes vitrificados resistentes a la intemperie, al calor y a los ácidos.
- Recubrimientos metálicos: pueden lograrse mediante la electrodeposición de metales como el níquel, cinc, cobre, cromo, estaño, etc.
- Proyección del metal fundido mediante una pistola atomizadora.

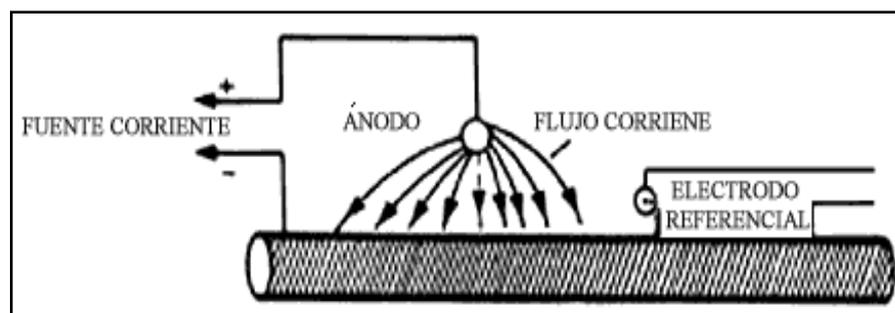
#### **2.5.1.2 Recubrimientos con modificación de la superficie del metal base**

- Recubrimientos de fosfato: se aplican principalmente al acero, cinc y cadmio. Proporcionan una protección limitada, pero en cambio resultan ser una base excelente para la pintura posterior.
- Inmersión en metales fundidos: cinc (galvanización en caliente), aluminio (aluminizado), etc.
- Recubrimiento de cromato: se pueden efectuar sobre el aluminio, magnesio y sus aleaciones, cadmio y cinc. Por lo general, confieren un alto grado de resistencia a la corrosión y son una buena preparación para la aplicación posterior de pintura.
- Recubrimientos producidos por anodizado: aquí el metal a tratar se hace anódico en un electrolito conveniente, con el objeto de producir una capa de óxido en su superficie. Este proceso se aplica a varios metales no-ferrosos, pero principalmente al aluminio.
- Recubrimientos por cementación: consiste en calentar la superficie metálica en contacto con polvo de cinc (sherardizado), polvo de aluminio (calorizado) o un compuesto gaseoso de cromo (cromizado), con los que se obtienen capas de un considerable espesor.

#### **2.5.2 Protección Catódica**

La corrosión suele ser un fenómeno electroquímico por lo que se puede combatirlo conectando el metal que se quiere proteger a otro metal menos noble, según la serie galvánica, que actuará entonces como ánodo de sacrificio, si el electrodo auxiliar es de un metal más activo (se corroe mas fácilmente) que el metal que se quiere proteger, actuará de ánodo en la celda de corrosión. En este caso, la estructura actuará como cátodo y quedará protegida por el "sacrificio" del ánodo que se corroerá, o bien conectándolo al polo negativo de una fuente exterior de corriente continua.

La protección catódica constituye el más importante de todos los métodos empleados para prevenir la corrosión de estructuras metálicas enterradas o sumergidas en medios acuosos. La mejor protección se logra aplicando una corriente continua externa de bajo voltaje. El terminal positivo de la fuente de corriente se conecta a un ánodo auxiliar (grafito por ejemplo) localizado a una determinada distancia de la estructura a proteger, y el terminal negativo se conecta a la estructura metálica.



**Fig. 2.14 Protección catódica mediante corriente impresa**

En la práctica, la corriente necesaria para proteger una estructura desnuda suele ser demasiado grande como para ser rentable económicamente. La estructura entonces, se recubre con algún revestimiento para proporcionarle protección frente al medio agresivo, reservándose la protección catódica para

proteger la estructura sólo en aquellos puntos en que no pueda lograrlo el revestimiento.

### **2.5.3 Inhibidores de Corrosión**

Los inhibidores son sustancias químicas que protegen al metal contra el ataque electroquímico de soluciones agresivas. Son usados ampliamente para modificar el comportamiento de las aguas, a efectos de un mejor control de la corrosión. El principio del funcionamiento de los inhibidores es formar en la superficie misma de los electrodos de la pila causante de la corrosión, sea un compuesto insoluble, ó sea la fijación de una determinada materia orgánica, con el objeto de polarizar la pila de corrosión. El comportamiento de los inhibidores puede ser muchas veces peligroso, ya que en función de la concentración o de las circunstancias, pueden jugar tanto el papel de inhibidores como de estimuladores de la corrosión.

# CAPITULO 3

## METODOS DE PROTECCION METALICA

### 3.1. GALVANIZADO O ZINCADO

Galvanizar es recubrir con cinc la superficie del acero o del hierro para protegerlo de la corrosión. El cinc (Zn) es el recubrimiento metálico más utilizado por su capacidad de sacrificio para proteger el acero base, además se aplica con más facilidad y menor coste que otros revestimientos metálicos como el estaño, el cromo, el níquel o el aluminio.

#### 3.1.1. Propiedades físicas de los recubrimientos metálicos

Refiriéndonos al caso del acero como el material de más amplia utilización, la selección de un determinado recubrimiento metálico se puede efectuar y justificar sobre la base de una de las siguientes propiedades físicas:

- Impermeabilidad, esto es, que el recubrimiento sea continuo y de espesor suficiente, para así aislar la superficie del acero de los agentes agresivos.
- Resistencia mecánica de los metales utilizados en los recubrimientos, para garantizar una buena resistencia a los choques, rozamientos ligeros o accidentales, etc.
- Buena adherencia al acero.
- Posibilidad de proporcionar superficies pulidas o mates, capaces de conferir a los objetos un acabado con fines decorativos.

El acero desprotegido tiene un promedio de vida de tan solo dos años, antes de que queden afectadas su funcionalidad o su integridad estructural. En cambio, los recubrimientos galvanizados duran como diez años sin necesidad de mantenimiento alguno, incluso en las peores condiciones atmosféricas.

### **3.1.2. Galvanizado en Caliente**

La industria del galvanizado en caliente es una industria técnicamente avanzada, que se dedica a la protección contra la corrosión de toda clase de piezas de hierro y acero mediante inmersión de los mismos en un crisol con cinc fundido. Estos recubrimientos poseen una adherencia muy superior a la de las pinturas, porque se alean con el acero base. La protección proporcionada por los recubrimientos del galvanizado en caliente depende de las propiedades del cinc.

#### **3.1.2.1 Inmersión en caliente Hot dip**

Es el método de galvanizado más frecuente, y la capa más externa de éste recubrimiento suele ser cinc dúctil no aleado. El cinc se une metalúrgicamente al metal base para formar un recubrimiento protector que posee una excelente resistencia a la corrosión. Se utilizan diferentes tipos de aleaciones de cinc con otros metales:

- Galvanizado tradicional 99.9 % cinc: es el sistema de galvanización más utilizado en el mundo. Se puede realizar en líneas de galvanización en continuo.
- Galvano-recocido: el proceso es similar al galvanizado tradicional, sino que inmediatamente después de pasar por el baño de cinc fundido, la lámina galvanizada se precalienta a 500° C lo cual hace

que el hierro se difunda en la capa de cinc, formando así un recubrimiento completo de aleación hierro-cinc.

- 45% Cinc y 55% aluminio: consiste en recubrir la lámina de acero con una aleación de Cinc al 45% y Aluminio 55% para obtener una mejor resistencia a la corrosión, esto al combinarse la capacidad de sacrificio del cinc con la resistencia a la corrosión del aluminio.
- 95% Cinc y 5% aluminio: posee características similares a la anterior, pero el porcentaje de la aleación cambia a 95% de Cinc y 5% Aluminio.
- Aleaciones de cinc y otros metales: últimamente se han desarrollado otros tipos de lámina recubierta con aleaciones como Zn-Ni, Zn-Ni-Co, Zn-Co-Cr, Zn-Co-Mo, etc.

**Tabla 3.1 Especificaciones de los galvanizados por inmersión en caliente**

### 3.1.2.2 Proceso de Galvanizado en Caliente

#### 1) Entrada y soldadura

Identificación	Tipo de pieza	Peso mínimo del recubrimiento
A	Piezas de acero de 5mm de espesor y piezas de fundición de hierro	610 gr/m <sup>2</sup>
B	Piezas de acero de 2 – 5mm de espesor	460 gr/m <sup>2</sup>
C	Piezas de acero de 1 - 2mm de espesor	335 gr/m <sup>2</sup>
D	Piezas roscadas y otras que han sido centrifugadas	305 gr/m <sup>2</sup>
E	Piezas de acero de estructuras	1200 gr/m <sup>2</sup>

Los rollos de acero laminado en frío procedentes de la planta alimentan a los desenrolladores. Al ser un proceso en continuo, se

debe garantizar que la línea siempre esté alimentada con lámina, para tal fin se aplica soldadura para unir la punta con la cola de los rollos.

## 2) Limpieza y pretratamiento

La superficie de la lámina que se va a galvanizar debe estar completamente limpia. Para tal fin, la banda es sumergida en una solución desengrasante para eliminar la suciedad y los aceites provenientes de la laminación, que dificultan la adherencia del cinc al metal base. La solución es luego removida en los tanques de enjuague. Posteriormente, la banda se sumerge en un baño con ácido clorhídrico (HCl) en el proceso de decapado, cuyo objetivo es eliminar vestigios de óxido sobre la superficie de la lámina desengrasada.

## 3) Recocido

Para poder lograr que el acero galvanizado sea maleable, debe reducirse la dureza superficial con la que llega el material de la planta de laminación en frío. Para ello el recocido se realiza en tres etapas:

- **Fuego directo:** es una sección de calentamiento con base a llama directa y donde la lámina alcanza temperaturas entre 600 y 700° C. La propia llama de calor también efectúa otra limpieza superficial de la lámina a galvanizar.
- **Sección de tubos radiantes:** la lámina continúa su calentamiento hasta alcanzar los 700 y 800° C. La temperatura se sostiene por un tiempo determinado para lograr la homogeneización de la estructura molecular del acero.
- **Sección de enfriamiento:** la lámina es luego enfriada hasta alcanzar una temperatura de aproximadamente 450° C utilizando para ello unos enfriadores que fuerzan la reducción de temperatura.

## 4) Galvanización

La lámina que proviene del horno de recocido se sumerge en la cuba de galvanización, en la cual se encuentra cinc fundido que suele estar a una temperatura de  $445^{\circ}\text{C}$  -  $460^{\circ}\text{C}$ . Al baño de cinc generalmente se adiciona aluminio para garantizar una mayor adherencia del recubrimiento. La lámina al salir pasa por entre dos cuchillas de aire a gran presión que son las encargadas de controlar el espesor del recubrimiento mediante el barrido del exceso de cinc. Posteriormente la banda ya galvanizada sigue a la torre de enfriamiento de aire y un tanque de enfriamiento final en agua.



**Fig. 3.1 Proceso de inmersión de un galvanizado en caliente**

Las cubas de galvanización generalmente están construidas por chapas de acero de alta calidad, de bajo contenido de carbono y silicio, soldadas entre sí. Algunas instalaciones de construcción reciente emplean los revestimientos vítreos, que son resistentes a los ataques del cinc fundido. Las calderas de galvanizado se calientan lateralmente con fuel, gas natural o electricidad. Mediante la introducción del calor por los lados y cerca de la superficie del cinc fundido, se evita la agitación por convección y, por consiguiente se facilita la sedimentación de la espuma. En muchos casos en el fondo de la cuba se emplea una capa de plomo de 15 a 20 cm. de espesor. El plomo y el cinc no son miscibles más que en una proporción muy pequeña. El principal objeto de la capa de plomo es evitar el

sobrecalentamiento de las paredes inferiores del recipiente y reducir el ataque del cinc a las paredes calientes del recipiente, con lo que se prolonga la vida de éstas y se disminuye la cantidad de espumas.

En lo que respecta al control del espesor, el recubrimiento galvanizado consta de una o más aleaciones de hierro-cinc formadas durante la inmersión, y de una capa exterior de cinc puro que se adhiere a la pieza cuando ésta se retira del baño. El espesor de las capas de aleación aumenta a medida que lo hacen el tiempo y la temperatura del tratamiento, y está influenciado por ciertos aditivos del baño, sobre todo por el aluminio. El espesor de la capa exterior viene determinado por la temperatura del baño y por la velocidad a la que las piezas se retiran de éste. Con cuanto más rapidez se retire la pieza, tanto más corto será el periodo de escurrido y con ello más espeso el recubrimiento.

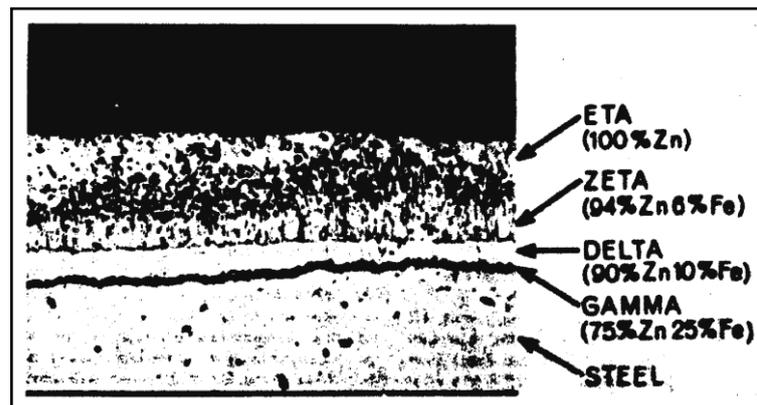
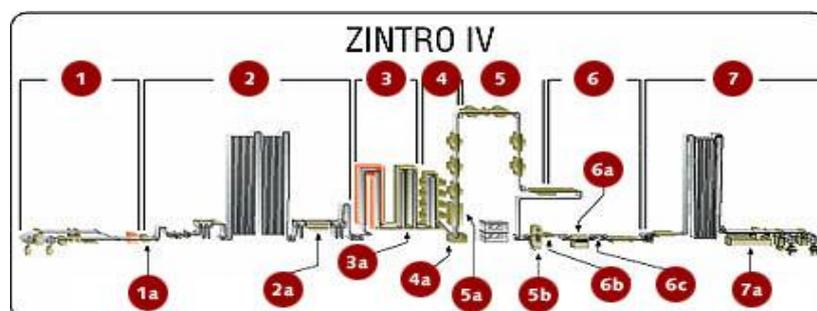


Fig. 3.2 Microfotografía de un recubrimiento de galvanizado en caliente mostrando sus diferentes capas de aleación.

### 5) Acondicionamiento superficial y tratamiento químico

La lámina galvanizada se somete a un proceso superficial mediante la nivelación por tensión, garantizando una superficie óptima para procesos de pintura y doblado. Igualmente la lámina se somete a un baño con ácido crómico ( $\text{CrO}_3$ ), que le aplica una película sellante de protección contra la oxidación durante el almacenamiento y transporte del material al destinatario final.



**Fig. 3.3 Proceso de manufactura de chapas con Galvanizado en Caliente**

### 3.1.2.3 Ventajas del Galvanizado en Caliente

**Durabilidad:**

La duración de la protección que proporciona el galvanizado en caliente en un ambiente determinado, es directamente proporcional al espesor de los mismos.

1.Entrada 1a.Soldadura de costura	2.Limpieza 2a.Limpieza electrolítica	3.Horno 3a.Horno vertical con Brida caliente	4.Baño de Zinc 4a.Baño de Cinc 240 Tons.
5.Enfriamiento 5a.Mínima Flor 5b.Acondicionamiento de superficie	6.Pasivado 6a.Tratamiento químico 6b.Tensionivelador 6c.Secado	7.Salida 7a.Aceitadora electrostática	

**Libre de Mantenimiento:**

La elevada duración de la protección que proporciona el galvanizado en caliente, hacen innecesario, en la mayoría de los casos, el mantenimiento de las construcciones de acero galvanizado en caliente. No obstante, si en alguna ocasión fuera preciso prolongar más la duración de la protección de éste recubrimiento, puede realizarse fácilmente y a bajo coste.

**Bajo Costo:**

El costo inicial de la galvanización que, en muchas aplicaciones es inferior al de otros posibles recubrimientos alternativos, se pone claramente de manifiesto cuando se toma en cuenta la elevada duración del galvanizado en caliente, dando como resultado que este procedimiento sea el más económico de todos los conocidos para la protección a largo plazo.

#### **Diversidad de Aplicaciones:**

El galvanizado en caliente es un procedimiento de gran versatilidad de aplicación. Sirve para la protección de productos tales como bandas, alambres, tubos, etc. Por otra parte, el galvanizado en caliente posee una gran versatilidad de utilización, ya que protege el acero tanto de la corrosión atmosférica como de la provocada por las aguas o el terreno.

#### **Protección Total:**

Debido a la forma de obtención del galvanizado en caliente, la totalidad de la superficie de las piezas queda recubierta tanto interior como exteriormente. Igualmente ocurre con las rendijas estrechas, los rincones y las partes ocultas de las piezas, que no quedan bien protegidas por otros tipos de recubrimientos.

#### **Tenacidad del recubrimiento:**

El proceso de galvanizado produce un recubrimiento de zinc que está unido metalúrgicamente al acero de base a través de una serie de capas de aleaciones cinc-hierro. Esta característica es la que confiere al recubrimiento su elevada resistencia a los golpes y a la abrasión.

#### **Triple Protección:**

El galvanizado en caliente protege al acero de tres maneras distintas,

- Porque crea una barrera que se corroe a una velocidad 10 a 30 veces inferior a la del acero.
- Porque brinda protección catódica a las pequeñas zonas que puedan quedar desnudas (bordes de cortes o taladros, arañazos, etc.)
- Porque aunque las zonas desnudas sean de mayor extensión, la acción de sacrificio del galvanizado en caliente impide que en los bordes de estas zonas se forme óxido de hierro.

### **Fácil para soldar:**

Los diferentes elementos que constituyen una construcción con galvanizado en caliente pueden unirse fácilmente mediante los mismos procedimientos de soldadura que se utilizan normalmente para el acero en negro, como la soldadura eléctrica por arco (manual o automática), la soldadura por resistencia, etc. La única precaución a tener en cuenta es adecuar la técnica operatoria y los parámetros de soldeo a las condiciones particulares del material galvanizado en caliente. Las zonas del recubrimiento quemadas por efecto del calor de la soldadura se pueden restaurar fácilmente mediante pintura rica en cinc.

### **3.1.3. Galvanizado Electrolítico o Electrodeposición**

Esta técnica consiste en depositar sobre la pieza una capa de cinc mediante corriente continua a partir de una solución salina que contiene cinc.

#### **3.1.3.1 Descripción del Proceso**

La electrodeposición del cinc compite cada vez y con mayor éxito en el acabado de pequeñas piezas, telas metálicas, tuberías, acoplamientos y, especialmente alambres y flejes de acero. Con ésta técnica el espesor del recubrimiento puede controlarse fácilmente para que corresponda al grado de protección deseado. Además, al revés de lo que ocurre con el galvanizado en

caliente, este tratamiento se lleva a cabo en frío y no se registra ninguna pérdida de cinc en forma de espumas. La limpieza electrolítica se emplea con bastante frecuencia. El decapado empleado para separar las películas de óxido se lleva a cabo con ácido clorhídrico(HCl) del 5 al 10% en volumen, a temperatura ambiente o con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) a 50-70° C aproximadamente.

Los tiempos de decapado deben ser los más cortos posibles, compatibles con la separación de óxido, con el fin de evitar la absorción del hidrógeno que induce la fragilidad del metal. Las cubas o tinas electroquímicas utilizadas para el galvanizado electrolítico son depósitos que contienen las soluciones galvánicas, las cuales son fabricadas de PVC, plástico, fibra de vidrio, hierro recubierto con fibra de vidrio o hierro esmaltado.

### **3.1.3.2 Galvanizado con baño ácido de cinc**

Aunque su poder de penetración es reducido, el baño ácido se emplea para alambres y flejes, teniendo en cuenta su elevada velocidad de deposición y costos de operación bajos. El cinc se deposita a partir de soluciones ácidas debido a su elevada sobretensión de hidrógeno. En los casos de una acidez sobreelevada pueden depositarse una considerable cantidad de hidrógeno, que dan lugar a depósitos picados o esponjosos.

Los baños ácidos pueden ser de los tipos de sulfato, sulfato-cloruro o cloruro. El sulfato de cinc  $Zn_2(SO_4)_2$  es la principal sal que se emplea en los baños con sulfato y puede emplearse en concentraciones elevadas (del orden de 440 gr/lit), que tienen la ventaja de que el mayor valor de las relaciones de los iones de zinc a los de hidrógeno y de zinc a impurezas facilita la deposición de dicho metal.

Normalmente, los baños ácidos de cinc dan lugar a la producción de depósitos de grano basto, con objeto de obtener una estructura de grano más fina y de mejorar el poder de penetración suele recurrirse al empleo de agentes de adición, representados, por regla general por sustancias orgánicas, tales como glicerina, regaliz, fenoles, dextrina y glucosa. A continuación se dan dos fórmulas y condiciones de operación típicas para la electrodeposición a partir de soluciones ácidas de cinc.

	gr / lt
Sulfato de cinc $Zn_2(SO_4)_2$ .....	240
Cloruro amónico $Cl_3NH$ .....	15
Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ .....	30
Sulfato de cinc $Zn_2(SO_4)_2$ .....	410
Cloruro de aluminio $Cl_3 Al$ .....	20
Sulfato sódico $Na_2(SO_4)$ .....	75
pH: 3 - 4,5	
Temperatura: 20-30° C	
Densidad de corriente: En baños en reposo, 2 - 3 Amp/dm <sup>2</sup>	
En baños agitados, 2 -10 Amp/dm <sup>2</sup>	

### 3.1.3.3 Galvanizado con baño alcalino de cinc

Las soluciones alcalinas de cianuro, como tienen un poder de cubrimiento mucho más elevado, se emplean en el recubrimiento de objetos de forma irregular, sin embargo, esta técnica no suele ser adecuada para ciertos metales base tales como el hierro maleable y la fundición del hierro.

Los baños alcalinos o cianurados de cinc, son capaces de suministrar una gran variedad de depósitos, además de tener un excelente poder de penetración. Los baños corrientes dan lugar a la obtención de depósitos de color apagado, mientras que aquellos a los que se han añadido pequeñas cantidades de mercurio producen una mate blanca y los que contienen ciertos aditivos orgánicos dan recubrimientos muy brillantes. Los baños alcalinos de cianuro de cinc son de naturaleza compleja y contienen cincato sódico y complejos de cianuro de sodio y

cinc con exceso de cianuro sódico, hidróxido sódico o de ambos compuestos. Las soluciones pueden obtenerse a partir de cianuro de cinc e hidróxido sódico o de óxido de cinc y cianuro sódico. Una formula típica de baño alcalino corriente es la siguiente:

	gr/lit
Cianuro de cinc ZnCN .....	60
Cianuro sódico NaCN.....	23
Hidróxido sódico Na(OH) .....	53
Temperatura: 40-50° C	
Densidad de corriente: 0,93 - 1,9 Amp/dm <sup>2</sup>	
pH: 11 - 13	

Este baño puede modificarse aumentando la concentración de todos los constituyentes para permitir una deposición rápida hasta la densidad de corriente de 14 Amp/dm<sup>2</sup>.

La gran amplitud de productos galvanizados permite su aplicación en una gran variedad de procesos. Cada tipo de acero galvanizado tiene aplicaciones y propiedades muy específicas (ANEXO A1), y que dependiendo del uso final le permiten una mayor protección frente al proceso natural - destructivo de la corrosión.

#### **3.1.4. Galvanizado por Cementación**

Llamado también Sherardización, palabra que se deriva del nombre de su inventor Sherard Cowper Coles, quien lo estableció para ciertos tipos de trabajos y, como los demás procesos de cementación, su empleo se circunscribe al

recubrimiento de pequeños artículos que puedan empaquetarse en tambores para someterlos al tratamiento.

#### **3.1.4.1 Descripción del Proceso**

Este tipo de recubrimiento no se adapta muy bien para piezas grandes como chapas, alambres, etc. debido a la dificultad de calentamiento de éstas de forma uniforme.

Una vez efectuada la limpieza preliminar de los artículos que se van a recubrir, se empaquetan en polvo de cinc con arena (material inerte para evitar la aglomeración del polvo de cinc) contenidos en un bidón de metal, que también hace las veces de camisa del horno si el calentamiento se va a realizar eléctricamente. Antes de calentar las piezas con el polvo de cinc, éstas deben estar completamente secas y el recipiente o tambor herméticamente cerrado para evitar la entrada de aire, y dotado de una tapa que se ajuste con mucha precisión.

Junto con las piezas que contiene, el recipiente se calienta (a temperatura por debajo del punto de fusión del cinc: 380 - 420° C durante varias horas) con arrollamientos eléctricos dispuestos a lo largo de las paredes, o con gas, y se le hace girar lentamente durante el calentamiento. Es preciso que el empaquetado de polvo de cinc no llene completamente el recipiente, con objeto que pueda tener lugar un contacto íntimo entre dicho polvo y las piezas que se desea recubrir, a medida que gira el tambor. Este detalle es muy importante, ya que la uniformidad del recubrimiento obtenido depende en gran parte de dicho contacto íntimo. El carácter del polvo de cinc empleado, sobre todo en lo que se refiere a su contenido de hierro, la temperatura y el periodo de calentamiento ejercen también un importante efecto sobre el recubrimiento producido. El polvo de cinc finamente dividido absorbe la humedad con bastante facilidad y parece ser que al

calentarlos, se desprende hidrogeno. Con objeto de evitar que el polvo de zinc se inflame hay que proceder a enfriar el tambor giratorio antes de abrirlo.

El “polvo azul” industrial, un subproducto que se obtiene en el método de fusión del cinc, suele ser el material que se emplea generalmente en este proceso, aunque en algunos casos se utiliza en combinación con una forma especial de polvo, cinc de un tamaño de partícula de 200 mallas. El polvo azul contiene del 85 al 90% de cinc metálico y 5 a 8% de óxido de cinc. Para concluir, en la mayoría de casos se recomienda para éste proceso, temperaturas de tratamiento mas bien bajas, convenientemente entre 350 y 375° C. La velocidad del recubrimiento a 375° C es suficiente para producir una capa de 15 mg/cm<sup>2</sup> en un plazo de 2 a 3 horas, y el espesor de dicho recubrimiento es aproximadamente de 0.025mm con un aspecto mate gris.

#### **3.1.4.2 Ventajas de la Sherardización**

Como se señalo, la sherardización es adecuada solamente para piezas pequeñas, y brevemente destaquemos sus ventajas :

- Alta resistencia a la abrasión
- Espesor de recubrimiento uniforme, a pesar de la geometría de las piezas
- Buen poder de penetración o recubrimiento
- La capa depositada consta de estratos bien definidos y uniformes

### **3.2. CROMADO**

El cromado es un proceso que consiste en la introducción de cromo en las capas superficiales del metal base. El proceso es apto y puede aplicarse a níquel,

molibdeno y tungsteno para mejorar la resistencia a la corrosión y al calor. Existen dos tipos de revestimiento de cromo empleados, llamados Cromo Duro (industrial) y Cromo Poroso (decorativo). El espesor de los recubrimientos de cromo decorativo, no sobrepasa la milésima de milímetro ( $1\mu$ ), mientras que si de la misma forma se depositan capas más espesas de cromo, obtendríamos un cromado duro, el mismo que tiene aplicaciones netamente industriales que requieren resistencia al desgaste, mejora de las condiciones de rozamiento y resistencia a la corrosión, etc. pudiendo en tales casos tener un espesor de recubrimiento de entre una centésima y una décima de milímetro. De entre las características del cromo (Cr), resaltamos:

- Temperatura de fusión :  $1800^{\circ}$  C
- Conductibilidad térmica :  $0.8 \text{ cal.cm/cm}^2.^{\circ}\text{C.seg}$
- Dureza del revestimiento: 950 a 1050 Vickers

Puede observarse que el coeficiente de conductividad térmica es elevado, lo que es de gran interés para la evacuación de las calorías. El cromo resiste bien a la oxidación en presencia del aire, no produciéndose prácticamente sino a temperaturas elevadas, del orden de los  $800^{\circ}$  C. Asimismo los revestimientos cromados son extremadamente duros (ANEXO A3). El índice de reflexión del cromo resiste a la mayor parte de los agentes químicos: ácidos, bases, sales, etc.

### **3.2.1. Cromado Electrolítico**

El cromado depositado electrolíticamente es un metal muy duro y tiene una resistencia muy elevada a deslustrarse. El cromo es un metal muy difícil de trabajar en frío porque es muy duro y quebradizo, en caliente es igual de difícil porque crea una capa de óxido de cromo dura e infusible. Por estas razones el cromo no se suele emplear como metal puro salvo en ocasiones muy raras aunque eso sí, entra a formar parte de muchas aleaciones. Especialmente es aleado con el hierro porque mejora su dureza y resistencia a la corrosión. El acero

inoxidable contiene entre un 8 y un 12 % de cromo, y es el principal responsable de que sea inoxidable.

El llamado cromo duro es un depósito electrolítico de espesor relativamente grande que se deposita en piezas que deben soportar grandes esfuerzos de desgaste. Se realizan este tipo de depósitos especialmente en asientos de válvulas, cojinetes, cigüeñales, ejes de pistones hidráulicos y en general en lugares donde se requiera bastante precisión. El cromo duro se emplea especialmente en el rectificado de motores de explosión. Los cigüeñales y otras piezas fundamentales de los motores de explosión sufren desgastes que se manifiestan como holguras, que pueden comprometer su funcionamiento. Por ello antes de que exista una rotura grave se reponen las partes de metal perdidas mediante cromo electrolítico. Generalmente la capa de cromo depositada no es totalmente uniforme por lo cual se da espesor mayor del necesario y después se rectifican las piezas para conseguir las dimensiones y acabado adecuadas.



**Fig. 3.4 Cromado decorativo en un vehículo**

El cromo brillante o decorativo en cambio, es una fina capa de cromo que se deposita sobre cobre o níquel para mejorar el aspecto de algunos objetos. El famoso niquelado de parachoques, aros, parrillas y otros embellecedores de los vehículos suelen consistir en una capa de níquel terminada con un flash de cromo de algunas micras de espesor. El cromo es mas resistente a la corrosión que el níquel, ya que inmediatamente se forma una fina e imperceptible capa de oxido que protege al metal.

El cromo tiene poco poder cubriente, menos aún si las capas que se depositan son tan finas como una micra. Por ello las superficies a cubrir deben estar bien pulidas y desengrasadas ya que el cromo no va a tapar ninguna imperfección. Es por esto por lo que frecuentemente las piezas que se croman con objeto decorativo se recubren con cobre y níquel antes de ser cromadas. El cromo se aplica bien sobre el cobre el níquel y el acero, pero no sobre el cinc o la fundición.

### **3.2.2. Descripción del Proceso**

Para conseguir un baño electrolítico de cromo se disuelve ácido crómico ( $\text{CrO}_3$ ) en agua en una proporción de 300 gramos por litro y se añade 2 gramos por litro de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) aproximadamente. Se emplea como ánodo un electrodo de plomo o grafito. El plomo sirve como ánodo porque se forma una placa de óxido de plomo que es conductor pero que impide que se siga corroyendo por oxidación anódica. Al contrario que en otros baños como los del níquel el cromo que se deposita en el cátodo procede del ácido crómico disuelto y no del ánodo, por lo que poco a poco se va empobreciendo en cromo la solución. Con el uso el cromo se va agotando y hay que reponerlo añadiendo más ácido crómico. El ácido crómico se descompone por la corriente eléctrica en:

- Cromo metálico que se deposita en el cátodo, y
- Oxígeno que se desprende, en el ánodo.

El ácido crómico ( $\text{CrO}_3$ ) contiene aproximadamente un 50% en cromo metálico, esto significa que para que un litro de baño pierda solo un 10 % de concentración tienen que haberse depositado 15gr. de cromo, lo cual equivale a recubrir una superficie de aproximadamente  $2\text{m}^2$  con una capa de cromo de 1 micras, más que suficiente para efectos decorativos.

### 3.2.2.1 Ánodos

Los ánodos se fabrican en plomo, o mejor de una aleación de plomo-antimonio (Pb-Sb), también se pueden realizar en grafito. Un ánodo que este trabajando bien debe tener un color grisáceo de oxido de plomo. Si el ánodo tiene un color amarillento es que se ha formado una capa de cromato de plomo debido a que hay poca densidad de corriente. Conviene sacar los ánodos del electrolito cuando no este en operación.

### 3.2.2.2 Corriente

Para la electrólisis del cromo es conveniente emplear corriente continua filtrada. No es conveniente emplear corriente rectificada de media onda sin filtrar ya que el momento en que la tensión es nula el ácido crómico ataca al cromo pasivándolo. Al pasivarse aumenta la resistencia eléctrica del cromo y se disminuye la adherencia de las capas subsiguientes. De igual manera no se deben dejar las piezas a cromar inmersas en el electrolito sin corriente y cuando se sumerjan por primera vez deberán llevar la corriente conectada.

	<b>Cromo Decorativo</b>	<b>Cromo Duro</b>
Ácido crómico (CrO <sub>3</sub> )	200 a 300gr/lit	250 a 400 gr/lit
Ácido Sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1 a 3 gr/lit	1 a 2 gr/lit
Temperatura de trabajo	36 a 45° C	45 a 65° C
Densidad de corriente	6 a 12 Amp/dm <sup>2</sup>	15 a 50 Amp/dm <sup>2</sup>

Tabla 3.2 Baños para cromado electrolítico

### 3.2.2.3 Voltaje

El voltaje esta determinado por la configuración de la cuba y los electrodos, lo que hay que controlar es la intensidad. De cualquier manera el voltaje suele estar

por debajo de los 7 v. El cromo duro y el cromo brillante son exactamente iguales, lo único que ocurre es que la capa de cromo duro suele ser mucho mas gruesa y se aplican mayores intensidades para que este mayor espesor se consiga antes.

### **3.2.3 Ventajas del Cromado Electrolítico Duro**

#### **3.2.3.1 Deposito directo**

Los revestimientos de cromo duro se depositan directamente sobre el metal que han de recubrir, no se intercala entre uno y otro el menor rastro de un metal extraño o de cualquier otra sustancia.

#### **3.2.3.2 Adherencia**

Esta se deriva de la constitución de un edificio cristalino, como el del cromo, sobre el cual se verifica una unión de tipo molecular. De no ser así, no existiría la debida adherencia.

#### **3.2.3.3 Deposito en frío**

El deposito se realiza en solución acuosa de ácido crómico cuya temperatura no excede de 60° C. Igual en los baños de desengrasado y en los baños de ataque para el decapado de la superficie a revestir. Esta sujeción a una temperatura que apenas rebasa la ambiental, determina dos cosas : La primera es la exclusión de cualquier deformación, al no intervenir ningún calentamiento la pieza tratada no puede sufrir deformación alguna, y la segunda, conservación de la contextura y las características mecánicas, pues ninguna elevación de

temperatura viene a perturbarle, y el paso de corriente bajo la que se procede al revestimiento no le afectan en lo absoluto.

#### **3.2.3.4 Revestimiento y no endurecimiento**

Como sabemos, en éste proceso la contextura del metal base permanece inalterable, por lo tanto no existe en ningún momento del baño una transformación que aumente la dureza del mismo. Solo se ha realizado una aportación que, pura y simplemente se ha superpuesto al metal base a recubrirse.

#### **3.2.3.5 Renovación y recuperación**

Siempre debido a que se trata de una aportación que se superpone al material que recubre y que lo refuerza sin cambiar nada, los revestimientos de cromo duro son indicados para recargar las partes de alguna máquina que ha llegado a su límite del desgaste. Dicho esto, el cromado permite efectuar una recuperación y una revalorización de cualquier pieza metálica. Estos hechos se olvidan con frecuencia.

#### **3.2.3.6 Descromado seguido de un Cromado**

En este punto, no se ha dicho que el cromado no se desgasta, sin embargo la pieza que así estuviera puede volver a cromarse, antes realizando un descromado por vía anódica, para luego proceder a una deposición de un revestimiento idéntico al del primer cromado.

#### **3.2.4 Desventajas del Cromado Electrolítico Duro**

#### **3.2.4.1 Cláusulas relativas a la adherencia**

Es evidente que los revestimientos de cromo duro no tendrían razón si su adherencia con el metal recubierto pudiera asegurarse de un modo correcto. Esa adherencia es adecuada cuando el revestimiento se deposita sobre los metales mas usualmente empleados a saber: los aceros al carbono, los aceros llamados de construcción, al cromo, al níquel o al cromo-níquel, los aceros inoxidables, los aceros anticorrosivos de alto contenido en cromo, los aceros de herramientas, las fundiciones, preferentemente finas y no porosas. En cambio, el revestimiento no se adhiere a las fundiciones en coquilla, puede producir inconvenientes cuando se deposita sobre aceros endurecidos superficialmente a la llama, o por corrientes inducidas de alta frecuencia. Existe el riesgo de que se adhiera mal a las fundiciones con excesivo contenido de carbono libre, sobre todo cuando éstas tienen zonas en las que existe una acumulación anormal de este metaloide. No se adhiere en absoluto a las fundiciones o metales que son porosas.

#### **3.2.4.2 Débil poder penetrante**

El baño de cromado por desgracia, tiene un débil poder de penetración. Es decir, solo con dificultad puede llegar a cavidades, ángulos entrantes, huecos o rincones complicados o demasiado profundos, sobre todo si no tienen salida. La razón es que las líneas de corriente que actúan sobre la pieza base sirviendo de cátodo el metal antes de producirse el deposito, esquivan sistemáticamente los recovecos.

#### **3.2.4.3 Aristas y Puntas**

Estas se erizan de proliferaciones y arborescencias sin consistencia, que se desprenden bajo un simple golpe o rasguño, debidas también en este caso a la

disposición local de las líneas de corriente, atraídas rigurosamente por tales aristas o puntas, sobre las que se concentran de modo arbitrario. Por tanto es preciso redondearlas al máximo permitido por las exigencias impuestas a la pieza.

#### **3.2.4.4 Estado superficial del metal base**

Un revestimiento correcto de cromo bajo todos los aspectos, solo puede realizarse sobre una superficie bien lisa sana y sin poros. Las irregularidades de la superficie jamás son atenuadas por el revestimiento que, al contrario, las amplifica con tanta mas fuerza cuanto mayor sea el espesor de la capa y es que la porosidad del metal base provoca remolinos en el transcurso del ataque.

#### **3.2.4.5 Hidrogenación**

Puede producirse una absorción de hidrógeno importante, no solamente en las operaciones de desengrasado y ataque, realizadas ambas bajo corriente, sino también y sobre todo durante el deposito por electrolisis. Esta hidrogenación afecta a estos metales y la acumulación de este gas acrecienta su fragilidad.

#### **3.2.4.6 Resistencia a la fatiga**

El propio cromado provoca en determinados aceros, una cierta modificación de la resistencia a la fatiga, aún mas acusada si la pieza interesada trabaja a tensión alternativa. Podemos decir simplemente que en la mayoría de los casos en que se observa una disminución del coeficiente de resistencia a la fatiga, un tratamiento térmico en baño de aceite a 200° C es el antídoto mas eficaz, por lo menos en cierto grado, de las deficiencias que pudiera derivarse del cromado.

### **3.3 PABONADO O RECUBRIMIENTO QUIMICO DE OXIDO**

El pabonado es un tratamiento superficial que se da a los metales y algunos no metales también con el objeto de protegerlos de la corrosión, mediante la creación intencional de películas de oxido sobre el hierro, el acero, el acero inoxidable, el aluminio, el cobre y sus aleaciones por el uso de métodos químicos de inmersión. Con el devenir de los años los procesos de pabonado se fueron refinando, adquiriendo tintes y efectos decorativos, el proceso depende mucho del tipo de metal y del efecto final deseado (color).

Las capas de oxido formadas en la superficie de estos metales son delgadas, aproximadamente de 0.0005 a 0.005 mm. y frecuentemente coloreadas, y aunque su resistencia a la corrosión es buena en los casos de aceros inoxidables, del aluminio y del cobre, en muchos otros la protección que presta es de valor limitado. Sin embargo otras características tales como la reflectividad de la luz, el color, la adhesión, la reducción de fricción, así como las pequeñas variaciones dimensionales y la economía de aplicación, son propiedades muy atractivas para muchos usuarios.

#### **3.3.1. Métodos de Pabonado**

Entre los métodos de aplicación de los recubrimientos de oxido, la inmersión en baño oxidante es el mas corriente. Los recubrimientos de oxido negro se forman sobre el acero por inmersión en una solución alcalina muy concentrada, que contiene un agente oxidante tal como nitrito ( $\text{NO}_2$ ), nitrato ( $\text{NO}_3$ ) o clorato ( $\text{ClO}_3$ ). La temperatura de operación puede oscilar entre 288 y 315° C , pero es crítica para una determinada solución y aleación, los tiempos de tratamiento pueden oscilar entre 5 y 15 minutos. Los recubrimientos obtenidos con este tratamiento están constituidos en su mayor parte por oxido magnético, de 0.00075 a 0.00175

mm. de espesor y son parte integrante del metal original. Una de las propiedades más destacadas de estos recubrimientos es su resistencia al daño físico. Su resistencia a la abrasión es buena y desprende partículas con gran dificultad. En este proceso no hay ninguna posibilidad de fragilización por el hidrógeno, por cuyo motivo pueden tratarse las partes sometidas a esfuerzos, además la pequeña modificación de tipo dimensional producida por la oxidación permite el tratamiento de elementos de precisión.

Los recubrimientos de óxido formados sobre acero en soluciones alcalinas no proporcionan por sí mismos una adecuada protección contra la corrosión en la mayor parte de las aplicaciones, la protección se basa en el aislamiento físico del metal subyacente del medio ambiente. Aunque menos porosas que los recubrimientos fosfatados, las películas de óxido constituyen bases adecuadas para aceites, ceras o pinturas, cuyo empleo permite mejorar la resistencia a la corrosión; el rendimiento está determinado en gran parte por el tipo de recubrimiento complementario.

Uno de los tipos de recubrimiento, se obtiene al calentar el acero en presencia del aire, la película de óxido resistente está coloreada debido a los efectos de interferencia, que son característicos de la temperatura empleada y del tiempo de tratamiento. Estas películas no son especialmente protectoras, pero sí pueden absorber una cierta cantidad de grasa, aceite o parafina, lo que determina que dispensen cierto grado de protección durante un plazo de tiempo corto. Los acabados de armas de fuego cortas también se obtienen de un modo muy parecido. El artículo se calienta con una pequeña cantidad de carbón a  $370^{\circ}$  -  $425^{\circ}$  C, después de lo cual la temperatura se hace descender a  $340^{\circ}$  C y, a continuación se introduce una mezcla de carbón y aceite. El calentamiento continúa durante varias horas y el artículo se deja enfriar y se reviste con un aceite inhibidor de la corrosión, dando un acabado negro uniforme que debe tratarse periódicamente con aceite.

### 3.4 LATONADO

Es un proceso de electrodeposición simultánea del cobre y del cinc para formar una capa de latón, la misma que se consigue sin dificultad empleando una solución de los cianuros de los dos metales mencionados.

El latón es una familia de aleaciones de cobre (Cu) y cinc (Zn), con el contenido de cinc que varia entre 5 y 44%. El latón se emplea con frecuencia en aplicaciones para metales expuestos a la corrosión por agua salada. Muchas de estas aleaciones tienen excelente maquinabilidad y se usan generalmente para conectores, tornillos etc. El latón amarillo contiene 30% o más de cinc y a menudo contiene una cantidad significativa de plomo que mejora la maquinabilidad. El latón rojo contiene entre 5 y 15% de cinc.

En soluciones corrientes (sulfatos  $SO_4$ ) la diferencia de potencial entre el cobre y su solución (iones de cobre) varia tanto de la existente entre el cinc y la suya (iones de cinc), que la deposición simultánea de los dos metales es imposible. No obstante, en una solución de cianuro de la concentración adecuada, los potenciales de los dos metales son tan próximos, que los iones de cobre y se cinc se descargan simultáneamente en el cátodo, formando una capa de latón. Mediante exámenes por difracción de rayos x del deposito, se ha manifestado que la capa de latón esta constituido por una verdadera aleación de los dos metales, y que no es una simple mezcla mecánica de pequeños cristales de cobre y de cinc. Los constituyentes esenciales de un baño de deposición de latón son los cianuros de cobre  $CuCN$  , los cianuros de cinc  $ZnCN$ , y el cianuro sódico  $NaCN$ .

	<b>Concentración por litro de solución</b>
Sal de Cobre	26gr
Sal de cinc	11gr
Cianuro libre	17gr

**Tabla 3.3 Concentraciones recomendadas por litro de solución para latonado**

Parece ser que el intervalo mas adecuado de pH se encuentra entre 10.7 y 11. Se suelen emplear ánodos de latón fundido, que contiene de 70 a 80 % de cobre, mientras el baño trabaja a una temperatura de 32 a 45° C, con densidades de corriente que oscilan entre 0.2 y 1 Amp/dm<sup>2</sup>. Como agentes abrillantadores empleados para mejorar el aspecto del deposito se emplean, el trióxido de arsénico (AsO<sub>3</sub>), el fenol y el amoníaco(NH<sub>3</sub>).

Los recubrimientos de latón se emplean bastante en los artículos de hierro y acero, para dar apariencia de latón sólido; es decir que en este caso, el principal objetivo es darles a los artículos así tratados un aspecto agradable, pues por regla general, las capas son muy delgadas y ofrecen muy poca resistencia contra los efectos de los agentes atmosféricos.

### **3.5 PREPARACION DE SUPERFICIES**

El requisito mas importante en la tecnología de los recubrimientos protectores es la limpieza de la superficie a la que éstos se aplican. La presencia de grasa, aceite, productos de la corrosión, suciedad o de otros cuerpos extraños ejercen una determinada influencia sobre la adherencia, continuidad y duración de los recubrimientos metálicos. Es un hecho por todos reconocido que la obtención de recubrimientos protectores de alta calidad depende del pretratamiento adecuado de la superficie del metal base. La preparación de la superficie metálica que se va recubrir consta generalmente de dos pasos principales: eliminación de grasa y eliminación de cascarillas, las que tienen por objeto brindar una superficie de la limpieza adecuada para la aplicación de los recubrimientos.

#### **3.5.1. Desengrasado**

Las piezas metálicas casi siempre están contaminadas con grasas procedente de los aceites protectores empleados para conservarlas durante su almacenamiento, o con aceites de corte o bruñido empleados en el mecanizado, roscado, etc. Las sustancias oleosas pueden dividirse en dos tipos principales: grasas animales y vegetales, y aceites minerales. Las primeras pueden separarse con álcalis fuertes, mientras que los últimos se eliminan con jabones y sustitutos de éstos tales como las sales alcalinas del naftaleno sulfonado o los alcoholes superiores. El método mas antiguo y extendido de desengrasado se basa en el empleo de los álcalis, y ello ha dado lugar a un gran desarrollo de la industria de fabricación de limpiadores alcalinos. En orden de importancia las propiedades de un agente de limpieza alcalino son las siguientes :

- Poder disolvente y elevada alcalinidad
- Poder dispersante con respecto a los sólidos
- Poder emulsionante para los líquidos
- Facilidad de lavado
- Tensión superficial baja y capacidad humectante
- Buena conductividad cuando se trata de procesos electrolíticos
- Baja concentración por razones de economía, y
- Atoxicidad

Por regla general las composiciones mas alcalinas se emplean en la limpieza del acero, mientras que las moderadamente alcalinas (amortiguadas) se emplean en la del aluminio y de las piezas fundidas por inyección por base de cinc y de base de aluminio.

### **3.5.2 Descascarillado**

La cascarilla de oxido y los productos de la corrosión se desprenden de los metales mediante cualquier tipo de decapado. El espesor y la composición de la cascarilla depende de los antecedentes térmicos experimentados por el metal.

### **3.5.2.1 Decapado Químico**

Se basa en la inmersión del metal en ácido diluido hasta que la cascarilla se haya desprendido o disuelto. En la práctica corriente se utiliza ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) de 5 a 10 % , a unos 65 u 88° C, empleando un inhibidor catódico (cola, quinolina, tiourea, pirideno, aceites sulfonados, dietilamina) para disminuir el ataque del metal y la fragilización del acero por el hidrógeno. Hasta un cierto límite también se emplea ácido clorhídrico (HCl) de aproximadamente la misma concentración pero a temperaturas algo mas bajas. En cualquiera de estos casos el tiempo que exige el descascarillado oscila entre 5 y 20 minutos según el tipo de cascarilla. Para el acero se emplea también aunque en escala reducida, el ácido fosfórico ( $HPO_3$ ) en concentraciones que oscilan entre el 10 y 20 %.

### **3.5.2.2 Decapado Electrolítico**

Este se usa para aumentar la velocidad del descascarillado. Las composiciones del baño son semejantes a aquellas que se emplean en las operaciones no electrolíticas y la pieza puede ser de carácter catódico o anódico, según se desee. El decapado anódico puede realizarse en una disolución de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) del 25 al 30% con densidades de corriente de 1 a 8.1 Amp/dm<sup>2</sup> y puede emplearse para conseguir un ataque moderado de la superficie metálica, adecuado para la aplicación de recubrimientos electrodepositados densos.

### **3.5.2.3 Decapado por Abrasión Mecánica**

Los métodos de abrasión mecánica de descascarillado incluyen la aplicación de chorro de abrasivo, el frotamiento con cepillos de alambre, el gratado y el pulimento. Por regla general estos métodos dan lugar a un mayor derroche de metal y producen superficies algo más bastas que las que se consiguen con decapados químicos. Sin embargo, el tratamiento con **chorro de arena** constituye desde hace mucho tiempo el método preferido para la separación del óxido y de la cascarilla, ya que da lugar a la obtención de superficies a las que los recubrimientos se adhieren satisfactoriamente. De todos modos en los últimos años la arena se ha reemplazado progresivamente y en gran parte, por granalla de acero y por perdigones.

En la práctica industrial el abrasivo empleado se introduce en una corriente de aire a presión, y el chorro se dirige a la superficie del metal hasta que el óxido se ha eliminado completamente. Para la abrasión con chorro, las pistolas se disponen de tal modo que permitan conseguir una proyección uniforme del abrasivo sobre las superficies de las piezas tratadas.

#### **3.5.2.4 Exposición a los Agentes Meteorológicos**

Este método de separación de la cascarilla del acero se basa en la exposición previa de la superficie a los agentes meteorológicos durante periodos de un mes o más, cuando se trata de climas húmedos, y hasta de un año en el caso de regiones secas. La cascarilla desprendida por efectos de la corrosión provocada en la superficie metálica subyacente puede separarse procediendo a un frotamiento a mano o mecánico con cepillo de alambre, si la cascarilla es muy adherente o el frotamiento demasiado intenso puede llegar a obtenerse un efecto de bruñido indeseable.

### **3.5.2.5 Limpieza a la Llama**

Consiste en la aplicación de una llama de calor muy intenso a las superficies que se desean descascarillar, pues debido a su mayor coeficiente de dilatación térmica, la cascarilla se desprende y los trozos que aún permanecen adheridos pueden arrancarse con un cepillo de alambre. La limpieza a la llama puede aplicarse a las chapas de acero y a las piezas cuya sección transversal sea superior a 5 mm. sin que se presente el peligro de distorsión. Suele ser corriente que, antes de realizar este tratamiento se proceda a eliminar el aceite y la grasa que pueda existir en la superficie. Por regla general, la temperatura de la pieza metálica así tratada debe oscilar, entre 93 y 149° C.

### **3.5.3 Pulido**

Es un proceso que se emplea para eliminar pequeñísimas irregularidades superficiales, los bordes afilados, las rebabas y para comunicar brillo a las piezas metálicas y a las recubiertas con metales. El pulimento de las superficies metálicas puede lograrse por métodos electrolíticos ó mecánicos. Al contrario del método electrolítico, que tiene la virtud de que el pulido no produce ninguna distorsión física en la superficie, los procesos mecánicos suelen aumentar la dureza de ésta en una proporción que oscila entre el 30 y el 40%. El pulimento y el abrillantado se pueden emplearse para los acabados superficiales como por ejemplo sobre los recubrimientos de níquel antes de proceder a la aplicación del cromo o para acabados de los latones o bronces.

El pulido electrolítico mientras tanto se basa en la disolución anódica de las protuberancias de la superficie metálica, con lo que se obtiene un perfil muy llano y una superficie muy regular, y pueden emplearse electrolitos alcalinos o ácidos.

## **3.6 PRODUCTOS Y HERRAMIENTAS**

### **3.6.1. Desengrasado**

#### **3.6.1.1 Sosa Cáustica Na(OH)**

Este compuesto que es el mas fuerte de los alcalinos, se emplea extensamente tanto debido a su elevada alcalinidad como al hecho de que se consideraba de gran utilidad para la saponificación de aceites y grasas de origen animal y vegetal, es un agente humectante pobre y difícil de arrastrar por lavado con agua.

#### **3.6.1.2 Carbonato Sódico Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Es un compuesto alcalino moderado y barato que se emplea en casi todos los agentes de limpieza de metales. Sirve de ayuda en las emulsiones de aceite producidas por el jabón y es un detergente muy conveniente.

#### **3.6.1.3 Ortofosfato Sódico Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> . 12H<sub>2</sub>O**

Es uno de los componentes mas corrientes empleados en los limpiadores de metales. Tiene un poder humectante y una acción emulsionante bastante buena, contribuye a la acción del jabón y se arrastra muy bien por lavado con agua.

#### **3.6.1.4 Silicatos Alcalinos Na<sub>2</sub>O . 2SiO<sub>2</sub>**

Son excelentes agentes de desfloculación y poseen buenas propiedades humectantes, emulsionantes y de arrastre por lavado con agua. El ortosilicato es

el mejor detergente y se emplea en los agentes de limpieza electrolíticos, así como también en la limpieza por inmersión y por proyección.

#### **3.6.1.5 Jabón y Detergentes Sintéticos**

El jabón es el mas antiguo detergente conocido y, hasta hace poco tiempo, en que fue desplazado por los detergentes sintéticos, el que se empleaba en mayor extensión. Los detergentes sintéticos abarcan una variedad de hidrocarburos alifáticos y aromáticos sulfonados. Los jabones alcanzan su eficacia máxima en la zona de pH comprendida entre 9 y 11.

#### **3.6.1.6 Disolventes de Desengrasado**

El empleo de éstos ha aumentado mucho durante los últimos años, generalmente se suele emplear el tricloroetileno (al que se le añade un estabilizador). En escala mas reducida se emplea el tetracloroetileno y el pentacloroetano.

#### **3.6.1.7 Emulsiones disolventes**

Las emulsiones estables, están constituidas por hidrocarburos, tales como la nafta o queroseno, emulsionadas con una pequeña cantidad de agua mediante el empleo de aceite de pino, oleato potásico o cualquier otro agente emulsionante soluble en el hidrocarburo. Mientras que las Emulsiones bifásicas, son particularmente eficaces, la superficie del metal se somete a la acción simultánea del agua y del disolvente. El disolvente separa los aceites y humecta el metal, mientras que el agua disuelve los materiales solubles en ella y humecta los aceites minerales.

### 3.6.2 Descascarillado

#### 3.6.2.1 Limpieza con chorro de arena

En este sistema hay una manguera que procede de un compresor y una boquilla que dirige la corriente de arenilla sobre la superficie por tratar, las presiones oscilan entre 2 y 8 bar ( $\text{kg/cm}^2$ ). La boquilla está encerrada en un tubo exterior conectado a una bomba de vacío, de modo que la arenilla que rebota de la superficie metálica es absorbida al interior del tubo en unión del polvo desprendido de la costra y el óxido. La arenilla se recupera y el polvo se elimina del área de trabajo, cuando la arenilla y el polvo se absorben al interior del tubo, pasan a través de la manguera, a un separador.

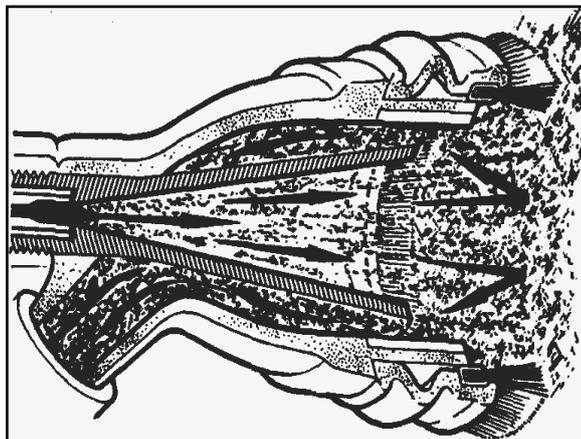


Fig. 3.5 Sección a través de la pistola Vacu-Blast.

Finalmente el polvo se recoge en una tolva y la arenilla cae a otro depósito; la arenilla se devuelve a la corriente limpiadora a través de una manguera, entonces nuevamente la arenilla es soplada de la tobera interior y el óxido suelto y la arenilla son absorbidos por la tobera exterior.

### 3.6.2.2 Abrasivos

Dependiendo de su naturaleza se obtienen diferentes acabados característicos. El grado de aspereza o profundidad de las incisiones provocadas por el abrasivo tienen gran influencia sobre la adherencia y uniformidad del recubrimiento metálico; si la superficie obtenida es muy tersa o pulida el grado de anclaje o de adherencia será insuficiente, mientras que si las incisiones son demasiado profundas las crestas o puntos agudos sobresaldrán sobre la capa de recubrimiento, quedando sin protección. Los abrasivos más comunes son la arena sílica y la gravilla de acero

<b>Limpieza Ráfaga:</b> la superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido flojo, recubrimiento flojo etc.	
<b>Limpieza Comercial:</b> es intermedio entre los dos tipos de limpieza y no deber mostrar oxido o herrumbre, residuos de pintura, aceite, grasa u otra materia extraña	
<b>Limpieza a Metal Blanco:</b> se obtiene una superficie gris claro uniforme, eliminando totalmente cualquier contaminante de los mencionados anteriormente.	

Tabla 3.4 Grados de limpieza con chorro de arena

- Arena Sílica.**- Por su bajo costo es el abrasivo mas utilizado; además por su dureza no se rompe fácilmente al chocar con la superficie de acero. La arena deberá tener un tamaño de partícula inferior a las 18 mallas ya que tamaños mayores (abajo de 16 mallas) solo martillean la superficie sin limpiar pequeñas cavidades; por otra parte, el tamaño de partícula deber ser superior a las del tamiz de 80 mallas a fin de evitar el polvo que producen las partículas muy pequeñas (arriba de 80 mallas). Además es necesario que la arena se encuentre libre de sales, grasa, aceite y suciedad que pudiera contaminar la superficie.
- Gravilla de Acero.**- Este abrasivo considera fragmentos de acero o hierro vaciado con bordes duros y cortantes que prácticamente no produce polvo y limpia rápidamente, pero su desventaja es que produce una superficie demasiado áspera que requiere mayor espesor de recubrimiento para cubrir las crestas, además en presencia de humedad atmosférica puede llegar a oxidarse, y con ello contaminar la superficie a tratarse.

<b>Abrasivo</b>	<b>Profundidad de Anclaje (milésimas mm)</b>
Arena muy fina (80 mallas)	1.5
Arena fina (40 mallas)	1.9
Arena mediana (18 mallas)	2.5
Gravilla de Acero G-50 (25 mallas)	3.3
Gravilla de Acero G-40 (18 mallas)	3.6
Gravilla de Acero G-25 (16 mallas)	4.0
Gravilla de Acero G-16 (13 mallas)	8.0

**Tabla 3.5 Profundidad del anclaje producido por los abrasivos**

### **3.6.3 Pulido**

Para pulimentar el acero se usa el bruñido con bolas, que se realiza en un barril rotatorio en el que se introducen bolas o conos de acero endurecido y una solución especial de jabón. Ahora las poleas para pulimentar y abrillantar, se fabrican a partir de fieltro, piel de foca, cuero, etc. cuyas superficies exteriores se revisten previamente con abrasivos, tales como esmeril, alúmina fundida o corindón, que se fijan a aquellas con cola. Las poleas de abrillantado suelen estar constituidas generalmente por lona o tela cosida, en este caso el abrasivo no forma parte de la polea, sino que se agrega a ésta durante periodos regulares de tiempo aplicando a aquella una barra o torta que contiene su propio aglomerante y que puede estar constituida por una resina mezclada con sebo o con petrolato. Entre los abrasivos que más se emplean en la operación de bruñido se encuentra el trípoli, la piedra pómez, la púrpura de hierro, el esmeril, la piedra caliza dolomítica calcinada y el blanco de España.

Con respecto al pulido electrolítico, las crestas o puntos elevados que sobresalen de la superficie se disuelven preferentemente hasta que su reducción da lugar a la obtención de una superficie regular y pasiva. Es preciso que la composición, la temperatura, y sobre todo la densidad de la corriente anódica del baño se controlen cuidadosamente, ya que de no hacerlo, se corre el peligro de que la superficie se ataque más que se pule.

Los electrolitos y las condiciones de operación típicas para el electropulido del acero son:

Ácido ortofosfórico (70-100 %)

Temperatura: 50° - 100° C

Densidad de corriente: 10,8 Amp/dm<sup>2</sup>

Tiempo: 3 minutos aproximadamente

Ácido perclórico (68-72 %)...185 cm<sup>3</sup>

Anhídrido acético...765 cm<sup>3</sup>

Agua...50 cm<sup>3</sup>

Alcohol etílico (con 3 % de éter)...4 vol.

Ácido perclórico (68-72 %)...1 vol.

Ácido acético glacial .....10 vol.

### 3.6.3.1 Pulido del cromo

Este metal se pule generalmente por abrasión, y puede también recurrirse a la vía electrolítica, técnica relativamente muy reciente, pero que ya tiene sus adeptos.

El pulido por abrasión, se efectúa con ayuda de papeles abrasivos, de grano cada vez más fino, que descienda hasta los cuatro o cinco ceros, bien regulares, y más bien redondeados que angulosos, con el fin de no rayar en vez de efectuar un pulido. Decimos «papeles» abrasivos y no «telas», desaconsejando estas últimas porque producen engrase o suciedad. Mientras de la misma manera que es posible pulir electrolíticamente el acero, se puede también pulir el cromo pero siempre por vía anódica.

# **CAPITULO 4**

## **METODOS DE PROTECCIÓN NO METALICO**

### **4.1. PINTURAS**

Son compuestos fluidos destinados a formar una capa o superficie de revestimiento sobre un metal, donde dicha capa se transforma en una película seca, opaca y adherente para aislar el metal del medio exterior o bien como factor estético. También las pinturas pueden definirse como composiciones líquidas que se convierten en una película sólida-opaca después de aplicarse en capa fina. Los diferentes tipos de pinturas proporcionan el medio más ampliamente utilizado en la industria del automóvil para proteger a los metales contra la corrosión.

#### **4.1.1. Las pinturas como acabado orgánico**

Las pinturas protegen a los metales mediante la interposición de una película continua, inerte y adherente entre la superficie del metal y el medio ambiente. Una característica de los recubrimientos de pintura es que el aspecto del artículo acabado cambia completamente, pudiendo obtenerse el color o la combinación de colores, el brillo y la textura superficial que se desee y, por ello, los acabados orgánicos se aplican tanto con fines de decoración, como de protección. Debido a su naturaleza orgánica, estos recubrimientos funcionan como medios dieléctricos y, por tanto encuentran una extensa aplicación en el campo de los aislantes eléctricos. Las pinturas constan esencialmente de una fase líquida continua formadora de la película y el aglutinante, en el que se encuentra en dispersión un

pigmento o una combinación de ellos. La conversión de la fase líquida a la sólida es esencial, tanto con la finalidad de aplicar el recubrimiento como para lograr una estructura inmóvil. Esta estructura debe adherirse a la superficie a la que se aplica y ser inerte frente a las acciones químicas y físicas del medio ambiente, y cuanto más tiempo desempeñe esta función, tanto mejor será.



**Fig. 4.1 Aplicación de pinturas automotrices**

#### **4.1.2. Composición de las pinturas**

Una pintura consta esencialmente de una dispersión de un pigmento o combinación de pigmentos, en un vehículo (llamado también resina, ligante, o aglutinante), que consiste en un aceite secante al que generalmente se le añade un diluyente para ajustar la mezcla a la viscosidad más adecuada para proceder a su aplicación. La formación de la película implica la evaporación del disolvente y, concretamente, la conversión del aceite secante al estado de gel. Esta conversión lleva consigo una reacción de oxidación, que transcurre a temperaturas normales. En las fases iniciales, la oxidación o secado suele acelerarse por la adición de pequeñas cantidades de catalizadores conocidos con el nombre de secantes. El aceite secante puede estar parcialmente polimerizado o reaccionar con resinas sintéticas para aumentar la resistencia de la película y la velocidad de su transformación en gel.

#### **4.1.3. Componentes de las pinturas**

#### 4.1.3.1 Resinas

Son elementos cuya función es unirse o juntarse al pigmento, para que adheridos conjuntamente, constituyan el residuo seco que conocemos como pintura. Las resinas determinan la adherencia, flexibilidad, impermeabilidad, dureza, resistencia química y el modo de secado.

- **Naturales:** Son mezclas complejas de composición variable que contienen ácidos aromáticos de elevado peso molecular, derivados de los retenos y de los aceites esenciales como los terpenos. Las resinas naturales se derivan de los productos de exudación de las plantas (coníferas), también eran usadas resinas naturales como el copal o la colofonia (savia del pino). Hace poco tiempo atrás se disponían solo resinas naturales, hoy contamos también con resinas sintéticas.
- **Sintéticas:** Son obtenidas por síntesis, o sea a partir de combinaciones de sustancias mas simples, sin embargo algunos tipos de resinas naturales aún se emplean en la fabricación de resinas sintéticas, o se combinan con éstas para dar determinados tipos de acabados. Teniendo algunas tales como: las Resinas fenólicas, alquídicas o gliceroftálicas, vinílicas, epoxy, etc. Actualmente las más utilizadas en el campo automotriz, son la resina acrílica, la poliuretánica y la poliéster-melamina.

#### 4.1.3.2 Pigmentos

Los pigmentos o colorantes, son los componentes que proporcionan las características básicas de color y opacidad. Como características muy importantes a tener en cuenta, primero hay que citar que la mezcla de resina y pigmento no puede ser instalada fácilmente sobre las superficies a pintar y que

por tanto es necesario introducir un tercer elemento que haga posible su aplicación, éste tercer elemento lo constituyen los disolventes y diluyentes. Segundo, el pigmento debe ser lo más insoluble posible en agua, aceites o diluyentes empleados, los pigmentos se clasifican según su origen y su utilidad, siendo la coloración una mezcla de ellos.

Los naturales, son los más conocidos en la antigüedad, con base de óxido de hierro y diversos carbonatos, su poca utilidad en la actualidad es debida a sus bajas cualidades: poca brillantez, regular resistencia y poca uniformidad en el colorido. Los inorgánicos proceden de óxidos de diferentes metales, sulfatos, cromatos, etc. y normalmente tienden a la decoloración. El moderno uso de técnicas apropiadas ha conseguido buenos resultados con óxido de zinc ZnO, litopón, óxido de antimonio Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y principalmente bióxido de titanio TiO<sub>2</sub>, todos ellos para la obtención de colores blancos, cubrientes, los pigmentos orgánicos no se utilizan por ser solubles en agua.

Los pigmentos más empleados son los metálicos, constituidos por partículas muy finas de un metal, principalmente el aluminio, que contribuye a un buen acabado decorativo y una excelente protección contra la humedad y la luz. Cuando un pigmento no presente las condiciones necesarias para actuar como tal, o sea que no tenga poder cubriente, que no flote en la pintura y forme por tanto masas plásticas, se emplea como carga en la pintura.

#### **4.1.3.3 Disolventes**

Son sustancias que permiten y aportan la fluidez necesaria a la resina y al pigmento, para que la pintura se deposite adecuadamente sobre la superficie del objeto. Por otra parte, un diluyente además de disminuir la viscosidad, contribuye a evitar una tendencia de la resina a coagularse o precipitar, y son más económicos que los disolventes. En conjunto son la parte volátil de las pinturas,

que tienden a ser evaporados y por tanto eliminados a través del proceso de secado.

Las características principales que deben reunir son: alto poder disolvente, baja toxicidad e inflamabilidad, y volatilidad acentuada. Algunos de estos elementos actúan como disolventes o diluyentes según la resina de la pintura a emplear. Otra clase de elementos que también participan de estas propiedades son los alcoholes, que en conjunción con los disolventes, regulan la velocidad de evaporación.

<b>Velocidad de evaporación</b>	<b>Disolventes</b>	<b>Diluyentes</b>	<b>Alcoholes</b>
Rápidos	Acetato de etilo Cetona	Benzol Toluol	A. metílico Butanol
Lentos	Acetato de butilo Lactato de etilo	Xilol	Metilcicloexanol

**Tabla 4.1 Disolventes, diluyentes y alcoholes más empleados**

#### **4.1.3.4 Aditivos**

Son compuestos que se adicionan en pequeñas cantidades a la pintura, y tienen gran influencia sobre la viscosidad y estabilidad del recubrimiento líquido, así como sobre el poder de nivelación y apariencia de la película ya aplicada. Los aditivos también ayudan a prevenir arrugamientos, aceleran el secado, previenen la levadura, mejoran la resistencia a los agentes químicos y mejoran el brillo de las capas pintadas.

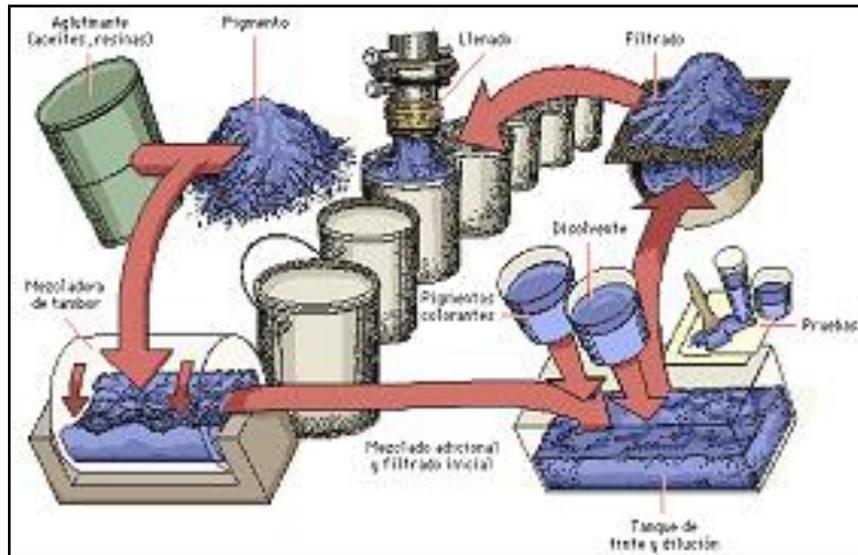


Fig. 4.2 Proceso de fabricación de las pinturas

## 4.2. ESMALTES

Los esmaltes son pinturas que se caracterizan por su aptitud para formar una película excepcionalmente lisa. Un esmalte está constituido por la dispersión íntima de pigmentos en un vehículo de barniz y/o de resina. El secado, es decir, la conversión al estado de gel, puede ocurrir a temperatura ambiente en virtud de la oxidación, o a temperaturas elevadas, tanto en presencia como en ausencia de oxígeno. Prescindiendo del grado más elevado de dispersión del pigmento en el vehículo, la diferencia esencial entre una pintura y un esmalte estriba en la naturaleza del vehículo. El vehículo de esmalte puede ser una mezcla de aceite-resina que contenga resinas naturales o sintéticas, o, sencillamente una resina sintética sin mezcla alguna.

En su conjunto, los esmaltes se secan con mayor rapidez que las pinturas y los recubrimientos obtenidos con ellos, son bastante más duros y resistentes. En el caso de composiciones adecuadas, el empleo del calor acelera considerablemente el proceso de gelación, y al mismo tiempo, aumenta las características de dureza y de resistencia hasta que el esmalte puede adquirir un carácter que le aproxima al vítreo. Es precisamente en esta clase de

recubrimientos en los que la mayor parte de las resinas que se han desarrollado durante los últimos años han encontrado aplicación.

Con la gran variedad de resinas sintéticas de que hoy disponemos, es posible obtener acabados cuyas propiedades físicas y de resistencia a la humedad, a los productos químicos y a los contaminantes atmosféricos varían en una escala muy amplia. Las tendencias al enyesamiento de los acabados se determinan, en parte, por la naturaleza del pigmento, pero sobre todo, por la dureza de la resina empleada en la formulación. Los pigmentos y las resinas duras equivalen a índices de enyesamiento bajos. Para aplicaciones automotrices, se realizan todos los esfuerzos posibles para reducir la tendencia al enyesamiento del esmalte, y se han registrado grandes progresos. Teniendo en cuenta que los esmaltes son muy resistentes a la acción mecánica, entre los mejores usuarios de la industria de estos acabados figuran los fabricantes de automóviles.

#### **4.2.1. Esmaltes Alquídicos**

Denominados sintéticos, son de secado al aire por oxidación, o bien por efecto de la temperatura en hornos. Están formados por la unión de un alcohol y un ácido, dando un éster. Su base más común es un ácido ftálico, obtenido a partir de la naftalina por oxidación. A su vez, el alcohol más utilizado es la glicerina. De este modo, el vehículo, que es una resina denominada gliceroftálica, y las variantes secado al aire / horno, se obtienen por un empleo más o menos cuantitativo de su base de aceite. La resina contenida en un esmalte de secado al aire, facilita un primer secado por evaporación del disolvente y a continuación sigue una polimerización bajo la acción del aire, de proceso relativamente lento, que proporciona una elevada flexibilidad y una excelente adherencia. Este tiempo, para los talleres de reparación que emplean pinturas de secado al aire, oscila entre 6 y 8 horas, a temperaturas ambientales que estén comprendidas entre los 15° y 20° C, luego de las cuales debe transcurrir un tiempo a fin de que la pintura

obtenga su máxima resistencia. Si se utilizan de secado al horno, existen dos variedades referidas a la temperatura necesaria para polimerizar.

Los esmaltes alquídicos de baja temperatura en horno, alcanzan los 80° y 100° C y los de alta temperatura, los 120° y 150° C. Los tiempos de exposición varían debido tanto a la calidad de la pintura como a la dureza que deseemos obtener. Los tiempos más generalizados permiten obtener durezas en la capa superior, transcurridos 60 minutos, y para temperaturas más elevadas transcurridos 100 minutos. Recordemos que un simple aumento en la elevación de la temperatura puede ocasionar una dureza excesiva y no siempre necesaria. Una ventaja de los esmaltes, es la facilidad para obtener capas delgadas y películas de aspecto brillante que no necesitan pulido posterior, además efectúa un buen acoplamiento con la capa anterior, de modo que oculta las diferencias motivadas por rayas de lijado. El secado al aire, a pesar del prolongado tiempo necesario ofrece la ventaja de secado global, en fondo y en superficie.

El secado forzado con lámpara de infrarrojos debe ser regulado para que se obtengan 80° C de temperatura como máximo, a fin de permitir una evaporación gradual que no deje la capa interna excesivamente húmeda y al mismo tiempo que la capa externa no obtenga una dureza excesiva. Al pretender un secado muy rápido con rayos infrarrojos, puede obtenerse una capa de acabado superficial excelente, pero con el inconveniente de que las capas internas conserven una humedad excesiva, y produzcan la rotura de la capa superficial que no puede mantener en estas condiciones un correcto asentamiento.

#### **4.3. ACRÍLICOS**

Son la última generación de los esmaltes hoy en producción, y difieren de éstos en que, los recubrimientos acrílicos, utilizan como vehículo una resina sintética acrílica (que se obtienen por la polimerización de los acrilatos u otros monómeros

que contengan el grupo acrílico). Existen asimismo dos variedades referidas por supuesto al sistema de secado. Los de secado al aire se denominan termoplásticos y los de secado con horno, termoendurecibles.

#### **4.3.1. Termoplásticos o no reactivos**

Las pinturas acrílicas termoplásticas son capaces de ablandarse o derretirse con el calor y volverse a endurecer con el frío, son impermeables al agua, y de baja densidad, y ofrecen la ventaja de ser reversibles, o sea que con posteriores aumentos de temperatura se obtiene la facilidad de igualar capas de retoques. No queda señal, pues ambas capas se entremezclan.

#### **4.3.2. Termoendurecibles o reactivos**

Las pinturas acrílicas termoendurecibles, que polimerizan por efecto del calor, son irreversibles. Poseen una gran resistencia a ambientes externos desfavorables, mantienen el brillo inalterable y no amarillean. De igual modo aceptan el pulido y ofrecen una elevada dureza superficial, a pesar de su elevado coste son muy apreciados por dichas propiedades.

### **4.4. POLIURETANOS**

Desde el punto de vista de las pinturas, un poliuretano es una Resina Sintética obtenida por condensación de poliésteres y caracterizada por su baja densidad. Por lo general los poliuretanos en las pinturas, brindan superficies de recubrimientos totalmente lisas.

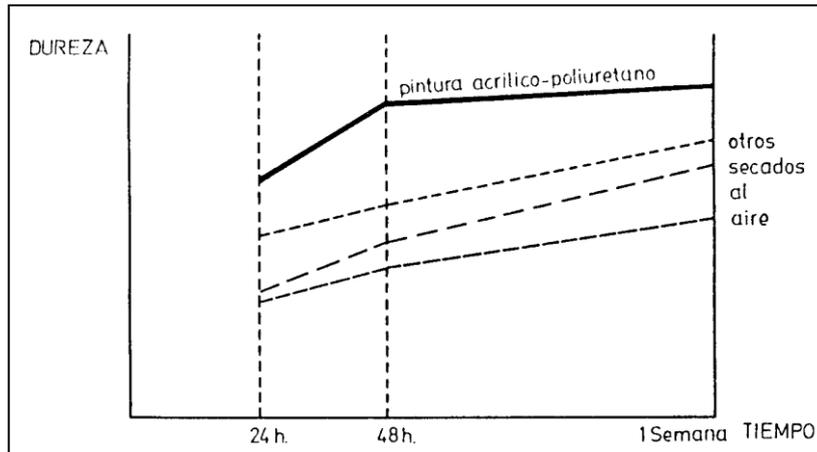
#### **4.4.1. Pinturas de poliuretano**

Son pinturas acrílicas de poliuretano. Estas pinturas al igual que los acrílicos, utilizan como vehículo, una resina sintética, denominada resina de poliuretano (polímero). Como el vehículo es un polímero sintético, se dispersa utilizando un disolvente adecuado de modo que cuando se evapora el disolvente, las macromoléculas individuales entran en contacto y se entrelazan. La solidificación se mejora mediante la presencia en el disolvente de un catalizador de polimerización denominado secante.

Finalmente recalquemos que, las pinturas de poliuretano secan por polimerización de sus dos componentes y debido a un perfecto pero satinado acabado se emplean generalmente como recubrimiento para aplicaciones que deban resistir condiciones excepcionales de agentes químicos y atmosféricos, obtienen una gran dureza y adherencia una vez aplicados, características que junto con las anteriores las hacen muy solicitadas para recubrimiento de vehículos industriales, de turismo, trenes, aviones, etc.

#### **4.4.2. Pinturas metalizadas con resinas Poliéster**

Estas resinas se hacen principalmente a partir de los anhídridos maleico y ftálico con propilenglicol y uniones cruzadas con estireno. El uso de estas resinas con refuerzo de fibra de vidrio ha reemplazado a materiales como los termoplásticos de alta resistencia, acero al carbón, vidrio y acrílico, etc. Estas pinturas han vuelto a obtener una excelente aceptación en el mercado, al haberse conseguido la permanencia de color y un brillo relativamente inalterable. Ofrecen como características más señaladas las siguientes: dureza, tenacidad, retención duradera de brillo, solidez de color respecto a la luz. Las resinas de poliéster tiene su uso específico en el campo automotriz, para obtener pinturas con resultados excepcionales en colores con acabados metalizados y perlados.



**Fig. 4.3 Evolución de dureza de una pintura poliuretánica para espesores de entre 30 y 40 micras**

## 4.5. RECUBRIMIENTOS PLÁSTICOS

Se denominan plásticos a un numeroso grupo de materiales poliméricos que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural (celulosa, cera, caucho, etc), o sintéticas (polietileno, nailon, etc).

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia / densidad elevada, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico, y una buena resistencia a la corrosión, a los ácidos, álcalis y disolventes.

### 4.5.1. Polímeros

Son sustancias que consisten en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas **monómeros**. El número de

unidades que se repiten en una molécula grande se llama grado de polimerización.

El consumo de polímeros a aumentado en los últimos años, estos petroquímicos han sustituido parcial y a veces totalmente a muchos materiales naturales como la lana, la piel, el acero, etc. Los factores que han favorecido el mercado de los plásticos son los precios competitivos y en veces inferiores a los de los productos naturales, y el hecho de que el petróleo ofrece una mayor disponibilidad de materiales sintéticos que otras fuentes naturales. Los derivados del petróleo influyeron en el aumento del consumo de los plásticos, sobre todo en la industria automotriz. Los plásticos permitían disminuir el peso de los vehículos, lo cual repercutía en un ahorro en el consumo de combustible por kilómetro recorrido.

En 1979 los automóviles se construían usando un promedio de 4.5% de materiales plásticos, o sea alrededor de 80 Kg. por automóvil. En 1980, este porcentaje subió hasta 10% del peso total, o sea 125-150 Kg. por automóvil. Entre los polímeros usados para reducir el peso de los automóviles se encuentran los poliésteres, polipropileno, cloruro de polivinilo (PVC), poliuretanos, polietileno, nylon y ABS (acrilonitrilo-butadieno estireno).



**Fig. 4.4 Consola de automóvil hecha a base de polímeros**

#### 4.5.2. Plásticos sintéticos

Los plásticos sintéticos se diferencian de los plásticos de origen natural en la naturaleza de la materia prima. A diferencia de estos últimos, los sintéticos no se preparan a partir de alguna sustancia polimérica, sino que parten de los monómeros que van a constituir el polímero plástico. En la actualidad, la fuente de dichos monómeros es el petróleo, no obstante se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

##### 4.5.2.1 Plásticos Termoplásticos

Estos plásticos tienen la ventaja de que se pueden reciclar y, por tanto no se producen desperdicios como consecuencia de los recortes, roturas o desgaste de los objetos con ellos fabricados. Sin embargo tienen el inconveniente de su poca resistencia mecánica que ofrecen cuando aumenta la temperatura, por ello se emplean de forma preferente en aplicaciones de trabajo a temperatura ambiente.

<i>nombre</i>	<i>abreviación</i>	<i>densidad</i>
polietileno de baja densidad	LDPE	0.91
polietileno de alta densidad	HDPE	0.95
polipropileno	PP	0.902
cloruro de polivinilo	PVC	1.35
acetato de polivinilo	PVA	—
poliestireno	PS	1.05
acrilonitrilo-butadieno-estireno	ABS	—
acrilonitrilo-estireno	SAN	—
polimetilmetacrilato	—	—
polihexametilen diamida	Nylon 66	1.14
policaprolactama	Nylon 6	1.14
polietilentereftalato	PET	—
polibutilentereftalato	PBT	1.3

Tabla 4.2 Principales polímeros termoplásticos

#### 4.5.2.2 Plásticos Termoestables

Estos materiales se caracterizan por tener cadenas poliméricas entrecruzadas, formando una resina con una estructura tridimensional que no se funde. A diferencia de los termoplásticos, y tal y como se mencionó anteriormente estos plásticos una vez que se han endurecido ya no se reblandecen nuevamente y polimerizan irreversiblemente bajo calor o presión formando una masa rígida y dura, a no ser que se les aplique algún tipo de disolvente. Por ello los desperdicios producidos tanto al trabajarlos como en su utilización, carecen de valor al no poder ser fundidos para su reutilización. En general son todos tipos resinas, por lo que vulgarmente se les denomina con este término.

<i>nombre</i>	<i>familia</i>
poliuretano	ester-amida
resinas alcídicas	poliéster
poliéster insaturado	poliéster
resina epóxica	poliéster
fenol-formaldehído	fenólica
urea-formaldehído	urea
melamina-formaldehído	melamina

Tabla 4.3 Principales resinas termoestables

#### 4.5.3. Poliuretano (PU)

Es un Polímero Sintético Termoestable que se obtiene mediante la poliadición de un poliéster y el benzol, presentando propiedades muy variadas según las proporciones empleadas de ambos componentes, pudiendo resultar un material termoplástico o termoestable. Cuando se hace reaccionar un glicol y un isocianato con más de dos grupos funcionales, se forma un polímero termofijo, como por ejemplo, en la reacción de los di-isocianatos con el glicerol, poliglicoles o poliéster poliglicoles.

El poliuretano se presenta en tres tipos: Un primer tipo es rígido y muy duro, con características similares al nailon, que se emplea en recubrimientos (pinturas) que deban resistir disolventes. Un segundo tipo es blando y elástico que se emplea como sustituto del caucho. Y un tercer tipo son las espumas, que pueden ser flexibles o rígidas dependiendo del polirol usado. Las espumas de poliuretano rígidas son excelentes aislantes térmicos y eléctricos (ejemplo: Rhino Linings). Por su parte las espumas flexibles se emplean como aislante de vibraciones, amortiguadores de sonido, relleno de tapizados, embalajes, etc. Se obtienen cuando el di-isocianato se hace reaccionar con diglicol, triglicol, poliglicol, o una mezcla de éstos.

Detengámonos un momento a pensar en la gran cantidad de polímeros con que hoy día cuentan los automóviles, en especial los poliuretanos; por ejemplo las espumas flexibles de poliuretano moldeado contribuyen a aumentar el confort en los asientos de automóviles, son resistentes a rayaduras y rayos UV. Es así como actualmente en la industria de la transportación se consume un promedio de 16 Kg. de poliuretano flexible por coche, sólo para acolchonamiento y relleno.

Igualmente son utilizados poliuretanos termoplásticos de altas prestaciones para encapsulado y conexiones de cables, transporte de información y energía como por ejemplo sistemas ABS, encendido e inyección electrónica, etc. En el pasado, las defensas delanteras y traseras de los automóviles se hacían de metal, pero hoy casi todas han sido sustituidas por uretano elastomérico moldeado. La reducción de peso debido a esta sustitución varía entre 10 y 20 Kg. y se usa también para volantes, defensas y tableros para instrumentos.

Pero no solo los poliuretanos son empleados, sino que también debido a su ligereza y dureza, el polipropileno se usa mucho en la industria automotriz. Se emplea en la fabricación de adornos interiores, revestimiento de los guardafangos, bastidores del aire acondicionado y de la calefacción, radiadores, ductos y en las

cajas de los acumuladores. Además el PVC es utilizado ampliamente para el tapizado de asientos e interiores.



**Fig. 4.5 Aplicaciones de espuma flexible de poliuretano**

#### **4.6. RECUBRIMIENTOS CON CAPAS POLIURETANOS**

Están compuestos por un poliuretano elastomérico a partir de sólidos 100% que es un material termosecante y que dada su rápida polimerización, permite su aplicación de virtualmente cualquier espesor en una sola capa. El Polyrhyn representa la máxima expresión en la búsqueda ecológica de métodos de reducción de vapores y materiales contaminantes ya que se eliminan los solventes por completo. Ahora, al utilizar los poliuretanos, se logra un rendimiento nunca antes posible en el control de corrosión, abrasión e impacto.

Con este material se elimina la porosidad inherente de los recubrimientos tradicionales, ya que tal porosidad es causada por la evaporación de los solventes. Cuando estos se evaporan, los recubrimientos tradicionales se reducen hasta el grosor relativo a su contenido en sólidos, con el efecto negativo de dejar huellas de los poros de evaporación lo cual reduce la adhesión y permite que por los mismos penetre humedad causando corrosión al área que se pretende proteger. Las espumas de Poliuretano proveen una resistencia química inigualable a ácidos diluidos y álcalis, agua marina, aceites, solventes y gasolinas. Su flexibilidad elastomérica y resiliencia produce un recubrimiento fuerte, altamente

resistente al impacto y a la abrasión al mismo tiempo que produce una superficie de baja fricción que varía con el texturizado, además está diseñado para facilidad y rapidez en su aplicación.



**Fig. 4.6 Recubrimiento de Rhino Linings**

#### **4.6.1. Elastómeros**

Elastómero es una palabra que significa simplemente "caucho". Los poliuretanos elastoméricos son duros, resistentes a la abrasión, a los aceites y a la oxidación. Entre los polímeros que son elastómeros se encuentran el poliisopreno o caucho natural, el polibutadieno, el poliisobutileno, y los poliuretanos.

Lo particular de los elastómeros es que pueden ser estirados hasta muchas veces su propia longitud, para luego recuperar su forma original sin una deformación permanente.

Al estirar una porción de dicho caucho, las moléculas son forzadas a alinearse en la dirección en la que se está produciendo el estiramiento, cuando lo hacen se vuelven más ordenadas. Si se estira lo suficiente, las cadenas se alinearán tanto como para cristalizar y formar un caucho bastante duro.

## **4.6.2. Espuma de Poliuretano**

Los sistemas de poliuretano de éste tipo, son básicamente el conjunto de dos componentes viscosos, polioliol e isocianato, que mediante su reacción química a determinada presión y temperatura, dan lugar a la espuma de poliuretano que hoy conocemos. Esta reacción química que da lugar a la espuma rígida, tiene transcurso en el mismo sitio de la aplicación, siendo proyectada mediante unas máquinas ideadas para tal finalidad, las cuales tienen la función de darle a la materia prima la presión y temperatura adecuada para llevarla a la pistola de pulverización, asociarla y provocarlas, una vez allegada al sustrato donde se pretenda su tratamiento, la reacción química pretendida.

### **4.6.2.1 Polioliol**

Los polioliolos son componentes básicos para obtener los poliuretanos, han sustituido actualmente a los poliéteres y poliésteres utilizados en los inicios de fabricación de éstas espumas. Generalmente se emplea una mezcla de isómeros 2,4 y 2,6 de TDI, en una proporción de 80 y 20 % respectivamente.

### **4.6.2.2 Isocianato**

Los isocianatos son los precursores de los poliuretanos, son un tipo de polímeros sintéticos conocidos vulgarmente como plásticos esponjosos, y que son utilizados también como espumas rígidas, lacas, elastómeros. Las formas no poliméricas de isocianatos se utilizan como insecticidas, explosivos y otros productos biológicamente activos. Además los isocianatos son compuestos cuya característica común es su elevada reactividad química frente a compuestos que disponen de hidrógenos activos.

PROPIEDADES	TDI	MDI	HDI	NDI	IPDI
Formula	C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
CAS:	584-84-9	101-68-8	822-06-0	3173-72-6	4098-71-9
Peso molecular	174,16	250,3	168,0	210	222,29
Punto ebullicion	251°C	314°C	212,8°C	263°C	158°C
Densidad	1,22	1,23	1,04		1,062
Presión Vapor (mm Hg)	0,05 (25°C)	0,00014 (25°C)	0,05 (24°C)	0,003 (24°C)	0,0003 (20°C)
Flash-point	135° C	195°C	140°C	155°C	155°C
Solubilidad	Hidrocarburos aromaticos, nitrobenzeno, acetona, éter, ésteres	Hidrocarburos, nitrobenzeno, acetona, éter, ésteres	Solventes organicos		Miscible con ésteres, cetonas, éteres e hidrocarburos alifáticos y aromaticos.
Nomenclatura química	Toluen diisocianato	4,4 Difenilmetano diisocianato	Hexametilen diisocianato	1,5 naftalen diisocianato	Isoforona diisocianato

**Tabla 4.4 Diferentes Isocianatos**

### 4.6.3. Aplicaciones Automotrices

Las aplicaciones mas generales se dan en camionetas tipo pick-up, también se realizan recubrimientos en vehículos de turismo, vehículos 4x4, furgonetas, furgones para congelamiento, camiones de reparto y trailers. El poliuretano elastomérico de Rhino Linings es ampliamente utilizado para la protección de áreas con alto desgaste. Sus componentes de baja viscosidad permiten una excelente aplicación sobre cualquier metal, pues se puede aplicar además de metales, exitosamente en madera, concreto, cemento, textiles, fibra de vidrio y otros sustratos.

#### 4.6.3.1 Condiciones climáticas para la aplicación

Durante el almacenamiento de los productos se evitara las temperaturas extremas; es decir, se procurara que los productos estén almacenados a temperaturas comprendidas entre 15° y 28° C. Se evitará aplicar el producto en condiciones extremas de frío o calor. La aplicación óptima se consigue para temperaturas comprendidas entre 18° y 23° C. El tiempo que tarda el producto en endurecer varía con la temperatura ambiente:

- Entre 10° y 15° C, la superficie tarda de 3 a 5 horas en secar.
- Entre 15° y 18° C, la superficie tarda de 2 a 3 horas en secar.
- Entre 18° y 23° C, la superficie tarda de 1 a 2 horas en secar.
- Entre 25° y 30° C, la superficie tarda 1 hora en secar pero no es muy recomendable por que puede existir alteraciones químicas internas en la cristalización del producto.

Una vez que la superficie está seca, puede procederse a retirar la señalización ó protección que estén alrededor de la superficie recubierta.

#### **4.6.4. Superficies metálicas a recubrir**

##### **4.6.4.1 Eliminación de oxido**

En el caso de una superficie con oxido debe eliminarse todo vestigio del mismo. Para ello puede emplearse un decapado mecánico, para la preparación de las superficies pintadas se recomienda lijar la superficie pintada con una lija de hierro numero 3 solamente hasta lograr una superficie de anclaje, después lavar con abundante agua corrida y llevar el vehículo a la cámara de recubrimiento.

Para eliminar la pintura si es necesario, puede usarse cualquier removedor para pintura, posteriormente los restos pueden eliminarse mecánicamente con la ayuda de una rasqueta o un cepillo de púas de acero.

#### **4.6.4.2 Desengrasado**

Una vez libre de óxido la superficie metálica, se procede a la operación de desengrasado con un disolvente adecuado. Cuando éste se aplica, ya sea con brocha o con un trapo limpio, se observa su rápida evaporación. Es aconsejable aplicar el disolvente de arriba hacia abajo, ejerciendo una cierta presión de forma que se consiga arrastrar la suciedad, eliminándola. La operación se repite varias veces hasta asegurar que la superficie metálica ha quedado limpia. Para esta operación deben utilizarse guantes impermeables de un solo uso. En las superficies pintadas como adherente se debe utilizar un primer, el thinner laca es considerado como un excelente adherente.

#### **4.6.4.3 Cámara de recubrimiento**

La cámara de recubrimiento es sencilla y puede ser construida de acuerdo al tipo de superficies que han de recubrirse, las paredes de la cabina pueden ser láminas de aluminio, madera, etc. De igual manera el techo deberá tener ventiladores para evitar que exista gases de poliuretano pulverizado, se recomienda que en el interior de la cámara exista suficiente claridad, deberá estar limpia y tener todos los accesorios de aplicación. Una vez preparada la cabina, se ingresa el vehículo a recubrir siempre y cuando su superficie este lista.

#### **4.6.4.4 Preparación de la mezcla**

El material se presenta dosificado en dos componentes, el polioliol de color negro en un tanque de 55 galones y el isocianato de color amarillo casi parecido a la

miel de abeja, en tanques similares; luego se regula la bomba para combinar en proporciones estrictamente calculadas las dos partes mencionadas, es decir proporciones de 30:49 (Isocianato : Polioli). Rhino Linings además considera que la temperatura de los tanques deberá incrementarse en unos 10° C, para ello es necesario que los tanques estén ubicados en una sub-cámara con un calefactor y un termómetro para controlar la temperatura de trabajo; la temperatura puede tener una tolerancia de 2° C, y el polioli en lo posible evitar que se sedimente, para ello se utilizara un agitador. Para asegurarnos que las combinaciones no alteren se deberá colocar a la salida de la bomba un caudalímetro, de este modo se evitara que realice una combinación errónea desperdiciando material y tiempo.

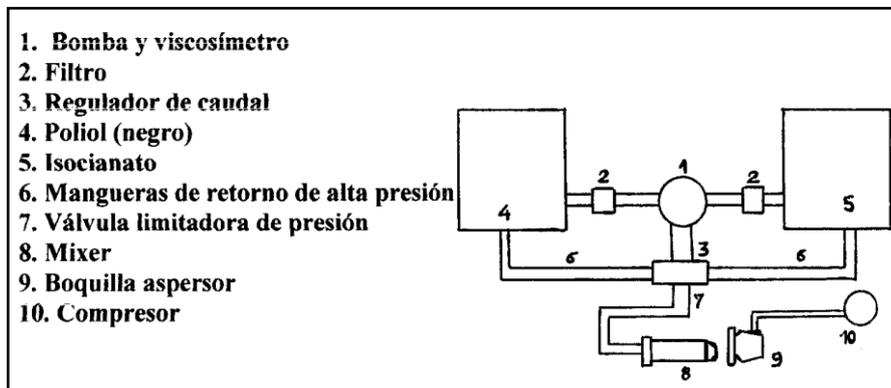
Luego se procederá a realizar pruebas de proporción que deberá estar entre 0,60 y 0.63, que se consideran óptimas para el recubrimiento, por ejemplo Isocianato = 0,30gr. Polioli =0.49gr. que al dividir nos da un resultado de 0.61 (esta dentro de los rangos de aplicación). Se recomienda regar el isocianato sobre el polioli y batir, la reacción poliuretánica desprende calor y emana gases muy fuertes, razón por las que se recomienda utilizar los equipos de protección adecuados.

La mezcla muestra se realiza en vasos desechables, aproximadamente en 2 minutos el resultado es una masa como de caucho negro con una temperatura a tal punto que el vaso se empieza a deformar. Cuando las proporciones son inadecuadas da una apariencia de esponja quemada.

#### **4.6.4.5 Aplicación del recubrimiento**

Una vez preparada la superficie puede procederse a la preparación de la mezcla y a su aplicación, ya que no se precisa ningún tipo de imprimación previa. Tanto para la preparación como para la aplicación de la mezcla deben emplearse guantes impermeables de un solo uso, gafas de protección, mascarilla asistida

por aire, overol desechable y calzado adecuado. La aplicación mediante pistola, dosifica el polioliol y el Isocianato mediante una bomba, mezclándolos en una cámara

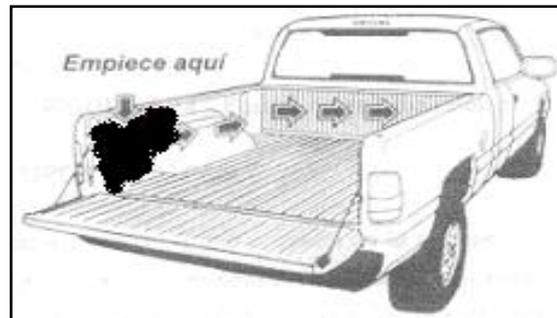


desechable.

**Fig 4.7 Equipo para aplicación de espuma de poliuretano**

Entonces, tenemos los dos compuestos que son absorbidos por la bomba mezcladora, cada compuesto por su respectiva manguera llega hasta una boquilla en la que se acopla al mezclador desechable, donde se mezcla en la proporción requerida a lo largo de 30cm. Al final del mezclador se obtiene el poliuretano híbrido que sale en forma de caucho derretido, el mismo que es acoplado a una boquilla que ayudado por una manguera de aire a presión total de 100 PSI. pulveriza el poliuretano y se aplica a una distancia de 30 a 40 cm del elemento a recubrir.

La superficie aplicada es flexible, texturizada, y no produce resbalamiento. Al rociar el poliuretano, éste se enlaza directamente con la superficie y forma una protección permanente contra moho y corrosión, el agua no puede filtrar, resiste a las sales, combustibles, fertilizantes y a la mayoría de productos corrosivos.



**Fig. 4.8** Forma de aplicar el recubrimiento

#### **4.7. RECUBRIMIENTOS DE BASE DE PINTURA ELPO**

El sistema de aplicación de pintura por descarga eléctrica o electrodeposición, alcanza el mismo nivel de calidad utilizado por las plantas de pintura mas modernas del mundo.

En el caso específico de General Motors, se posee un novedoso sistema RO-DIP (ANEXO A5), que sumerge la carrocería en diferentes tanques y la hace girar 180° para luego mecerla por unos minutos, eliminando las burbujas de aire que puedan haber en los lugares más profundos y ocultos de la carrocería y poder así asegurar el completo cubrimiento con pintura anticorrosiva.

##### **4.7.1. Consideraciones Teóricas**

**ELPO** es un proceso de inmersión donde se deposita una película de pintura de base de agua sobre la superficie conductiva del metal base previamente fosfatizada, mediante la aplicación de una corriente eléctrica.

Los sistemas ELPO se emplea para incrementar la resistencia a la corrosión tanto de las partes externas como las internas, y de difícil acceso de las carrocerías de automóviles. Para GM es la base de garantía de 5 años contra perforación de lámina.

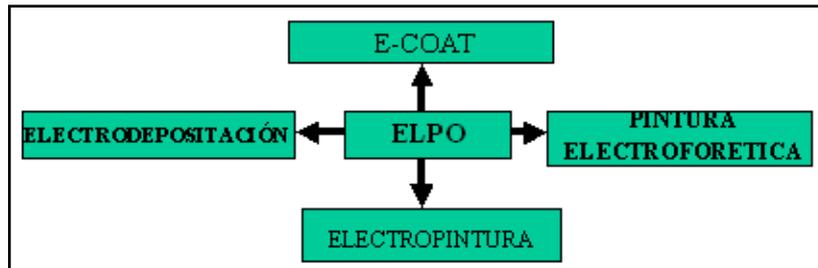


Fig. 4.9 Denominaciones de ELPO

#### 4.7.1.1 Características de ELPO

Ventajas:

- Es un proceso con alta eficiencia de transferencia (98%)
- Es un producto base agua (80% del baño es agua)
- Tiene una mínima emisión de solventes
- El espesor de la película es uniforme, incluyendo filos y áreas ocultas
- Alto poder de penetración
- Aumenta la resistencia a la corrosión
- Sus afluentes o residuos son mínimos y fáciles de tratar
- Es un proceso automático

Limitaciones:

- Por el mismo hecho de ser automático, se requiere una alta inversión de instalación
- Dificultad para cambio de colores

## 4.7.2. Principios Básicos

### 4.7.2.1 Voltaje e intensidad

La depositación se produce bajo condiciones a voltaje constante, para ello el voltaje requerido para obtener una densidad de corriente inicial de 0,21 a 0,32 Amp/dm<sup>2</sup> puede ser aplicado y mantenido, y cuando la electrodeposición se verifica, la corriente cae rápidamente a un valor mínimo, debido a la resistencia de la película y efectos de polarización. El recubrimiento cesa cuando se alcanza este valor mínimo.

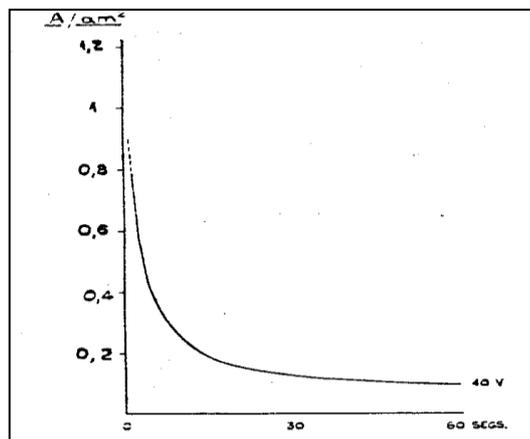


Fig. 4.10 Relación densidad de corriente con el tiempo a tensión constante

### 4.7.2.2 Temperatura

Durante el tiempo de electrodeposición se engendra calor, y la temperatura de la pintura aumenta. En una operación continua de electropintura esta elevación de temperatura debe controlarse y limitarse. El efecto de la temperatura sobre las características del recubrimiento se ha comprobado de varias formas, coincidiendo todas ellas en la necesidad de mantener una temperatura uniforme, ya que a temperaturas elevadas son afectadas la disociación y la conductividad,

la viscosidad de la pintura disminuye y el pH varía. Temperaturas inferiores a 15° C. no deben emplearse, ya que la deposición sería demasiado lenta.

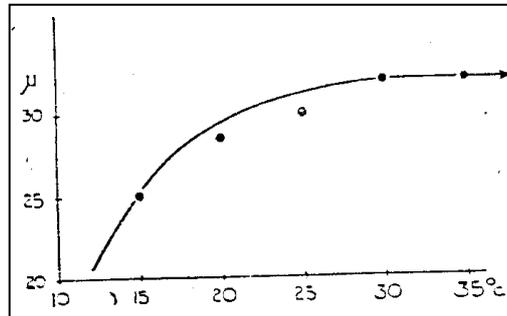


Fig. 4.11 Dependencia del espesor de recubrimiento y la temperatura

#### 4.7.2.3 Agitación

En la operación práctica será necesario mantener el baño suficientemente agitado, ya que debido a las bajas viscosidades empleadas, los pigmentos tienen tendencia a sedimentarse. Sin embargo, no ha de producirse una agitación excesiva ya que se afectaría la velocidad de deposición.

#### 4.7.2.4 Efecto de pH

Durante el proceso de deposición, los iones oxidrilo OH adicionales concentrados en el cátodo, elevarán el pH de la pintura, y si éste no es controlado, afectará seriamente la calidad de la película depositada. El pH deberá mantenerse en el valor más estable posible que proporcione un recubrimiento eficiente. En conclusión, hay una disminución en la deposición por el incremento del pH del baño.

### **4.7.3. Preparación de superficies para el Electropintado**

Estos procesos se semejan a los de preparación para recubrimientos metálicos, sin embargo a continuación se describe la preparación para el proceso ELPO.

#### **4.7.3.1 Eliminación de cascarilla y oxido**

Para el acero oxidado, es necesario un proceso que entraña un tratamiento con un ácido mineral, el mismo que puede ser ácido sulfúrico, clorhídrico ó fosfórico.

El tratamiento con ácido fosfórico  $HPO_3$  es la técnica más moderna y se ha utilizado con éxito. El ácido normalmente empleado es una solución acuosa conteniendo 15% de ácido fosfórico libre, y la operación se efectúa a una temperatura de 70° C. Se dice que el proceso es más limpio y más controlado que los otros, pero indudablemente una ventaja muy importante es que cualquier residuo dejado en las imperfecciones superficiales se convierten en fosfatos insolubles de hierro. Sin embargo, ha de tenerse cuidado en dar el tratamiento más corto posible, ya que de otra manera se forma un exceso de fosfatos insolubles de hierro que producen una superficie rugosa y que es difícil de quitar.

#### **4.7.3.2 Desengrase y Limpieza**

La pieza de acero cuando se ha fabricado y está lista para el tratamiento final y pintura, está cubierta con una película de aceite de espesor y calidad variable. Los métodos empleados para la eliminación de la grasa son los de limpieza con disolventes, con álcalis y desengrase por emulsión. Para el desengrase con disolvente se emplea el tricloroetileno (punto de ebullición a 86° C) que no es inflamable y es un buen disolvente para aceites y grasas.

El desengrase por álcalis puede obtenerse por soluciones calientes de álcalis y sales alcalinas en agua. La aplicación ideal de los limpiadores alcalinos es por pulverización, ya que el impacto del chorro y agitación de la solución contribuyen a la separación del aceite y de la grasa. Finalmente los limpiadores de emulsión y de dos fases se emplean frecuentemente para el desengrase, especialmente antes del fosfatado, ya que debido a su acción poco agresiva el subsiguiente fosfatado produce un recubrimiento cristalino fino. Los limpiadores de emulsión consisten generalmente en una capa de parafina con una solución de álcalis suaves, emulsificantes y agentes humectadores. Suelen trabajar a una temperatura aproximada de 83° C.

#### 4.7.3.3 Fosfatado

Es un recubrimiento microcristalino insoluble y no conductor que se deposita sobre el sustrato metálico (metal base) por medio de un proceso químico.

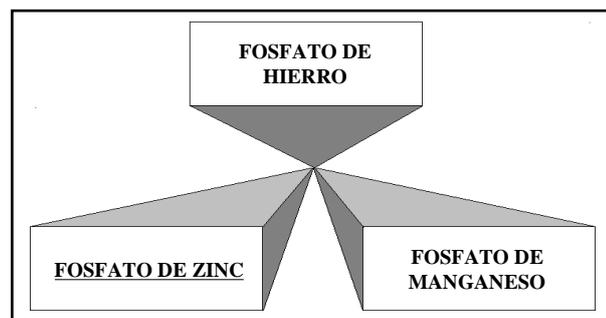


Fig. 4.12 Tipos de Fosfato

La utilización de ácidos y disolventes en la preparación de superficies metálicas, crean solo una superficie mordentada, pero no la condicionan para recibir una capa de pintura. La capa de fosfato ( $PO_3$ ) tiene una estructura especial

en la que se pueden destacar lagunas intercrystalinas, que proporcionan una porosidad especial que hace que sea absorbente para líquidos.

El fosfatado recomendado antes del proceso ELPO, será un proceso clase C (fosfatado ligero), con un peso promedio de recubrimiento de  $0,16 \text{ mg/cm}^2$  de superficie tratada, donde el recubrimiento puede ser principalmente fosfato de cinc  $\text{Zn(PO}_3)_2$ . Un recubrimiento de fosfato más pesado interferirá con el proceso de electropintura, debido a su alta resistencia. Además una capa más gruesa dará una superficie rugosa, que no quedará disimulada con la capa de electropintura que reproducirá el perfil de la capa de fosfato.

Como la tendencia en el fosfatado es hacia tiempos de proceso más cortos y temperaturas más bajas, los agentes **aceleradores** se emplean en unión con las soluciones de fosfato. Los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) son los aceleradores más empleados y tienen la ventaja de su gran flexibilidad en su aplicación, también se emplean los cloratos ( $\text{ClO}_3$ ) en los casos donde es de interés un proceso químico simple, pero ambos trabajan a altas temperaturas. Para temperaturas más bajas se emplean nitritos o preferiblemente mezclas de nitritos y nitratos.

#### **4.7.4. Descripción del Proceso**

Antes de la operación de imprimación por este método toda la piceería de acero pasa por un proceso de limpieza y desengrase, que continúa con un fosfatado a aproximadamente  $80^\circ \text{ C}$ . El paso final es un lavado con agua desmineralizada, después del cual se expulsa el agua sobrante con un chorro de aire, y las piezas se secan pasando a través de un horno a  $150^\circ \text{ C}$ . Las piezas pasan entonces a otra sección de electropintura con tiempo suficiente para haberse enfriado a la temperatura normal.

La carrocería pasa unas pruebas de seguridad antes de entrar en el tanque de pintura; la primera es la aplicación de una corriente de bajo voltaje, por la que cualquier cortocircuito ocasionado por deterioro, o mala colocación de los electrodos es acusada inmediatamente en una campana. Una comprobación posterior se hace a más alta tensión, para asegurarse que el aislamiento entre todas las partes del circuito es adecuada. Estas pruebas se efectúan en una parte cerrada de la factoría, donde el monorraíl transportador está en su punto más alto, antes de llevar la carrocería al tanque de pintura. Cualquier fallo hace sonar una campana y para al transportador. Si se produce cualquier cortocircuito mientras que el cuerpo a pintar está sumergido en la pintura, la corriente es automática e inmediatamente desconectada. El tiempo total de inmersión de una carrocería a lo largo del tanque es aproximadamente de dos minutos para voltajes de 100 a 150 voltios, a temperaturas que usualmente son de 24 a 27° C. con una carrocería totalmente sumergida, mientras que las adyacentes están media dentro y media fuera.



**Fig. 4.13 Inmersión en el proceso ELPO**

Al salir la carrocería del baño, el exceso de pintura cae y la pieza recibe entonces un chorro de agua a presión, seguido por un lavado con agua corriente, y finalmente, un lavado con agua desmineralizada, agua desionizada o pura. Después de eliminar el agua que queda por medio de aire se quitan los electrodos principal y auxiliares si los tiene, y la carrocería pintada se seca parcialmente y se cura pasándola a través de un horno a 190° C. durante diez minutos aproximadamente. Las piezas pueden entonces manejarse y se le aplica un

primario de superficie antes de aplicar una capa de pintura manualmente con pistola en las superficies exteriores. Las películas combinadas de electropintura y pinturas epoxy se secan entonces en un horno a unos 170° C, durante veinte minutos.

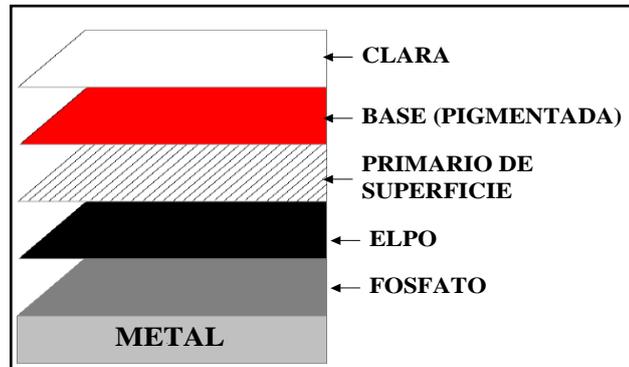


Fig. 4.14 Capas aplicadas de pintura en GM

#### 4.7.4.1 Procesos Electroquímicos

Durante el corto tiempo de la carrocería en el tanque se inmersión, se dan los procesos electroquímicos en el siguiente orden :

- **Electrolisis:** fase donde hay una descomposición del líquido conductor por el paso de corriente eléctrica (cc).
- **Electroforesis:** migración de partículas cargadas eléctricamente (suspendidas) en un medio conductor bajo la influencia de un potencial eléctrico. Estas partículas llevan una carga eléctrica, y el signo de dicha carga determina el sentido de la migración.
- **Electrodeposición:** fase en la que se lleva a cabo una precipitación de partículas cargadas eléctricamente en un electrodo. El electrodo puede ser un ánodo o un cátodo.

<b>Anódica</b>	<b>Catódica</b>
El auto es el ánodo (terminal +)	El auto es el cátodo (terminal -)
La pintura es carga negativa	La pintura es carga positiva

**Tabla 4.5 Tipos de electrodeposición**

- Electroendosmósis: es el reverso de la electroforesis, es decir la migración de moléculas de agua (fase líquida) hacia la parte externa de la película depositada, estando fija la fase dispersa.

#### **4.7.4.2 Constituyentes de la Pintura**

Dentro de los constituyentes de la pintura, puede nombrarse a los óxidos de titanio como pigmentos más utilizados en la electrodeposición, acompañados de agentes humectantes como las aminas grasa etoxiladas. Las resinas solubles en agua adecuadas para éste proceso o pueden estar dispersas en forma de una emulsión o solución coloidal ó una mezcla de ambas puede emplearse según las propiedades necesarias en la película a obtener. Finalmente los disolventes orgánicos pueden también incorporarse a la pintura, los disolventes miscibles en agua tales como el éter monoetil-glicol y n-butanol se incluirán en la resina base cuando se fabrican para mayor solubilidad. Estos disolventes formaran parte de los constituyentes acuosos y no tomaran parte en las reacciones anódicas o catódicas.

#### **4.7.5. Equipo para Recubrimiento ELPO**

##### **4.7.5.1 Equipo eléctrico**

El primer requerimiento es una fuente de alimentación adecuada de corriente continua a los voltajes que sean recomendados por el suministrador de la pintura. En muchos casos basta con voltajes de hasta 120v. pero algunas veces se necesitan tensiones mayores, y existe la tendencia en trabajos, de usar voltajes superiores a 200v. La corriente se suministrará por medio de un transformador-rectificador, que puede ser de silicio refrigerado por aire, de germanio refrigerado con agua o de selenio sumergido en aceite. Es esencial, como necesidad eléctrica, tener un control para la variación de tensión, ya que el voltaje necesario varía según el tipo de trabajo a efectuar y el tipo de pintura empleada.

#### **4.7.5.2 Tanque de Pintura**

Este es el punto principal del taller de electropintura, alrededor del cual se debe diseñar el resto del equipo a emplear, y como tal debe prestarse una atención cuidadosa a este punto, en referencia a sus dimensiones, capacidad, ubicación, etc. El tiempo de inmersión necesario vendrá fijado por el tipo de pieza, el espesor de la capa requerida, el tipo de pintura y la tensión de trabajo.

#### **4.7.5.3 Bombas y Mezcladores**

La circulación de la pintura ha de ser cuidadosamente considerada, y es muy importante por las siguientes razones :

- El contenido sólido y la viscosidad de la pintura son muy bajos, y la circulación debe ser suficiente para mantener los pigmentos en suspensión.
- Mientras que se produce la deposición debe mantenerse la circulación para reemplazar la pintura inmediatamente adyacente a la pieza.

- Debe alimentarse el intercambiador de calor para enfriar la pintura.

La velocidad media de circulación se recomienda que sea tal, que produzca seis cambios de volumen en una hora, y se obtiene con dispositivos adecuados de bombeo junto con mezcladores o extractores.

#### **4.7.5.4 Filtros de Pintura**

Deben ser lo mas sencillos posible para asegurar un fácil mantenimiento. El sistema de recirculación debe alimentar al sistema de filtración para limpiar la pintura (filtro de canasta 10 micras y atrapa grasa).

#### **4.7.5.5 Cambiador de Calor**

Es una parte esencial del equipo del tanque, ya que no solamente debe poderse controlar el calor producido en las reacciones electroquímicas que tienen lugar, sino también asegurar que la temperatura de la pintura sea adecuada para proporcionar una deposición correcta. Se ha indicado que la temperatura deberá mantenerse en un mínimo de 15° C, y preferiblemente entre 20 y 30° C, y que han de preverse medios para poder calentar la pintura a esta temperatura cuando sea necesario. Durante el proceso de electropintura, gran parte de la energía eléctrica consumida se transforma en calor, y el cambiador de calor ha de controlar esto.

#### **4.7.5.6 Transportador**

El proceso de electropintura es de producción en cadena, y las piezas han de cargarse después de la fabricación, limpiarse, pretratarse, pintarse y descargarse después del curado en horno. El método más sencillo a emplear es el transportador monorraíl, que permite aislar las piezas eléctricamente de una forma relativamente sencilla.

#### **4.7.5.7 Lavado y Curado**

Después de la operación de electropintura, las piezas dejan el tanque, y aunque la mayor parte de la delgada capa de pintura se escurre, ha de eliminarse todo el exceso. Si las condiciones de trabajo han sido correctas, el depósito de pintura quedará firmemente adherido y totalmente insoluble en agua corriente. El exceso de pintura será eliminado por pulverizaciones con agua desionizada. Después del proceso de lavado son eliminadas las gotas de agua con aire a presión y las piezas pasan a la estufa de curado.

En lo referente al curado, los hornos de curado de diseño convencional se emplean para secar las piezas de electropintura, y con un tipo de convención eficientemente forzado se puede asegurar un curado completo sin peligro de sobre o infracalentamiento.

Sin embargo, la temperatura de curado de muchas pinturas es, aproximadamente de 177° C, y por consiguiente se emplea gas-oil o fuel-oil como medio usual de calentamiento.

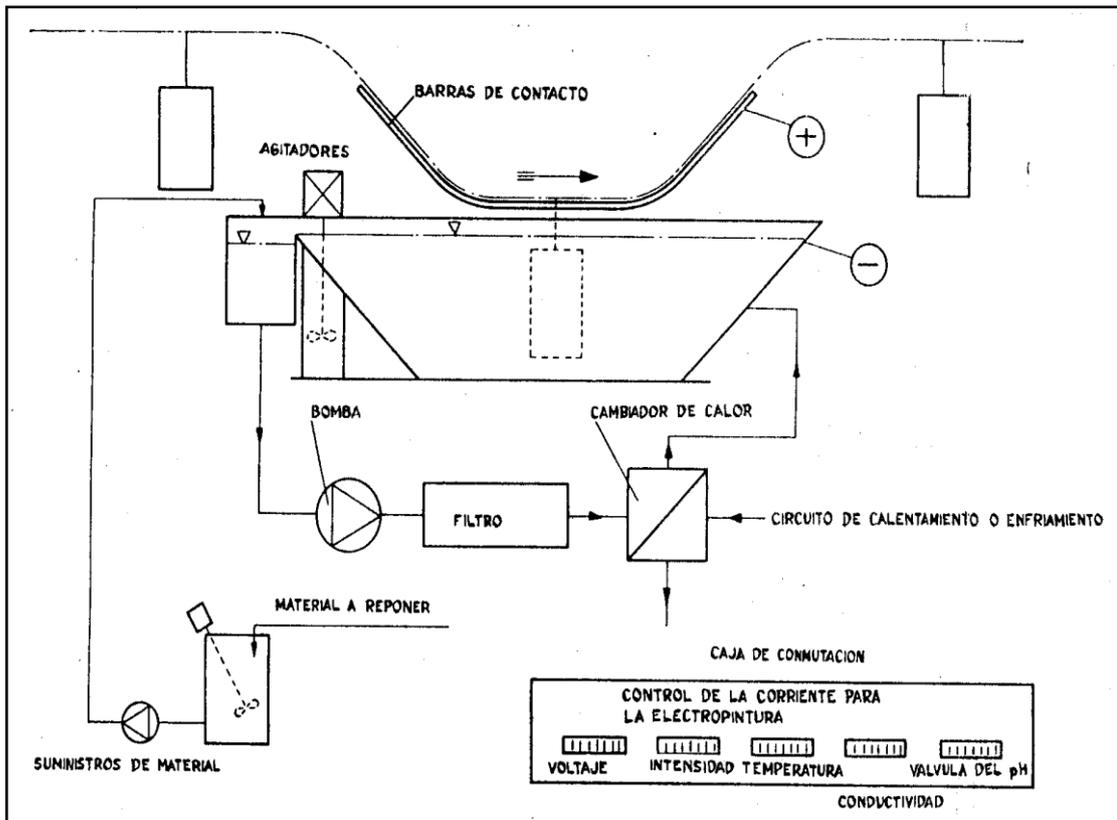


Fig. 4.15 Tanque de electropintura para trabajos de cuerpos de un automóvil.

#### 4.8. PREPARACION DE SUPERFICIES

Después de haber procedido a un armado o reparación, la superficie de la chapa de un automóvil, u otra parte del mismo por infinidad de motivos, tensiones de soldadura, de estampado, golpes, etc. puede quedar con defectos que deben ser verificados en esta fase, pues de no ser así, serían mas claramente identificados luego de haber efectuado el pintado final, por tanto devendría un coste elevado por otra reparación.

Hay que hacer hincapié en la necesidad de efectuar un examen para la preparación y reparación de un sector o pieza del vehículo que necesite algún recubrimiento no metálico. Todo ello debido a que hay una amplia gama de

recubrimientos en donde cada uno puede requerir distintos procedimientos y adoptar diversas texturas superficiales.

Es imprescindible tener un informe fidedigno para poder determinar el proceso exacto a seguir para cada uno de los tipos de recubrimiento no metálico, sin embargo a continuación se hará una descripción general sobre la preparación de las superficies a recubrirse.

#### **4.8.1. Limpieza Química**

Es el método con el que se elimina óxido, aceite, grasa, y contaminantes, por acción de agentes químicos, los más conocidos son el ácido sulfúrico  $H_2SO_4$ , ácido clorhídrico  $HCl$  y la sosa cáustica  $Na(OH)$ .

##### **4.8.1.1 Procedimientos**

La limpieza química consta de las siguientes operaciones, que de acuerdo con las condiciones y especificaciones de cada superficie, se podrá eliminar o modificar cualesquiera de las que se mencionan a continuación:

- Se aplicará con brocha o por aspersión la solución del producto químico seleccionado, dejándose sobre la superficie el tiempo de contacto suficiente para su acción.
- Posteriormente, la superficie debe ser lavada con agua para eliminar todos los residuos. Para probar la efectividad del lavado, debe hacerse la prueba con papel indicador de pH sobre el metal húmedo, hasta obtener un valor igual al del agua empleada.

## **4.8.2. Limpieza Manual**

Las etapas que pueden constar en este proceso se indican a continuación, pudiendo eliminarse parcial o totalmente alguna de ellas.

### **4.8.2.1 Procedimientos**

- Descostrado, con ayuda de marro, martillo y cincel se quitaran las costras de oxido, escamas y restos de soldadura o escorias.
- Lavado, mediante el uso de solventes o detergentes deberán eliminarse toda suciedad como aceites y grasas.
- Cepillado, en todos los casos la superficie se frotara con cepillo de alambre de acero, hasta desaparecer los restos de oxido, pintura, etc.
- Lijado, los restos de oxido y pintura que no se desprendan por medio de las operaciones anteriores, deberán lijarse, para obtener un anclaje adecuado.
- Eliminación de polvo, la superficie se debe limpiar con brocha de cerda o cepillo para eliminar las partículas de polvo. Puede hacerse también sopleteando la superficie con un chorro de aire seco y limpio.
- Uso de herramienta neumática o eléctrica, algunas de las etapas antes señaladas pueden realizarse mediante el uso de herramientas neumáticas o eléctricas portátiles.

### **4.8.3. Limpieza con Abrasivos**

También para recubrimientos no metálicos puede recurrirse a la abrasión mecánica con chorro de arena para limpiar las superficies a tratar. El equipo es

similar al utilizado para los recubrimientos metálicos descrito en el capítulo anterior, exceptuando ciertos puntos :

- El agente abrasivo debe ser clasificado entre mallas 18 y 80 de acuerdo al patrón de anclaje requerido. Cuando se use arena, esta será cuarzosa o silicosa, lavada y seca y no deberá estar contaminada con sales. Puede usarse granalla metálica (del tipo munición acerada limpia y seca) y escoria de coque o escoria de cobre.
- La rugosidad o máxima profundidad del perfil que se obtenga en la superficie limpia y que servirá como anclaje para el recubrimiento, estará comprendida entre 1 y 2.5 milésimas de pulgada, de acuerdo con el espesor de película del primario, el cual deberá ser mayor que la profundidad del perfil o anclaje.
- El aire usado debe estar exento de humedad, aceite o grasa.
- Una vez efectuada la limpieza cuando se emplee chorro de arena, se hará una eliminación del polvo como se detalla en el procedimiento de Limpieza Manual.
- La granalla metálica podrá usarse nuevamente en limpiezas posteriores, siempre y cuando este libre de contaminantes, seca y tamizada

## **4.9. PRODUCTOS Y HERRAMIENTAS**

### **4.9.1. Secantes de pinturas**

El secado de aceites y de acabados oleorresinosos se acelera con el empleo de catalizadores, conocidos generalmente con el nombre de secantes. Los catalizadores también se denominan agentes de extensibilidad, y cooperan a una mayor y mejor disposición de la capa de pintura una vez aplicada.

Estos suelen ser jabones metálicos de plomo, manganeso, cobalto, hierro, calcio, cinc y compuestos de ácidos grasos, de resinas o monobásicos superiores. Estos secantes sólo precisan emplearse en pequeñas cantidades, y aunque se han investigado muchos metales, se ha encontrado que sólo son eficaces aquellos capaces de formar compuestos solubles susceptibles de existir en varias fases de oxidación.



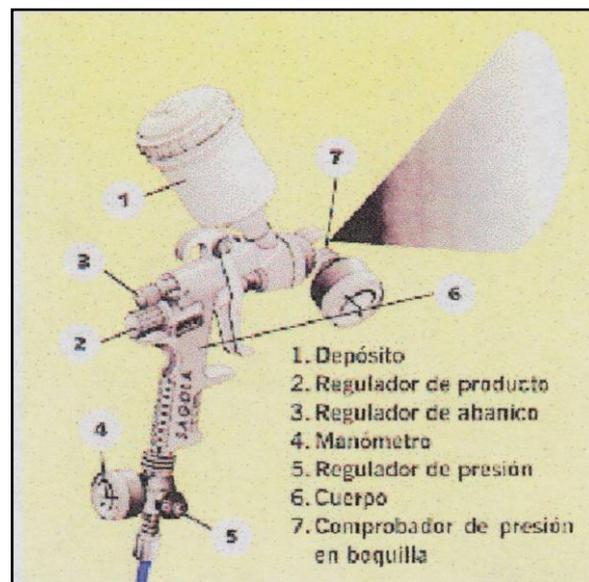
Fig. 4.16 Catalizadores Glasurit

#### 4.9.2. Soluciones Desengrasantes Hidrosolubles

Este producto se destina a remover todos los residuos de grasas que puedan perjudicar la perfecta adherencia de fondos, primers y masillas, o que puedan perjudicar el acabado final de la pintura. A diferencia de los demás, el ser soluble en agua, es lo que lo torna un producto menos agresivo al medio ambiente. Para su aplicación suele usarse trapos limpios, con movimientos lineares, como por ejemplo, de arriba abajo o de la izquierda a la derecha. No aplicarlo con movimientos circulares, porque de ese modo puede haber fallas en la limpieza. Se recomienda este procedimiento después de quitar la pintura vieja y de lijar, y también después de cualquier tipo de manoseo de la superficie.

#### 4.9.3. Pistola Rociadora

Las pistolas Rociadoras o pistolas Aerográficas (brocha de aire) basan su funcionamiento en la atomización o rotura en finísimas partículas de un caudal de pintura producido por la presión del aire comprimido proveniente de un compresor, y la pintura se aplica en forma de neblina.



**Fig. 4.17 Pistola aerográfica copa arriba**

Las partes que configuran el sistema pulverizador de la pistola son: boquilla, pico de fluido y aguja. Estos tres elementos forman lo que se llama KIT principal, que determinarán el patrón de rociado y la calidad de acabado. Este procedimiento tiene las siguientes ventajas:

- Cubre grandes superficies en corto tiempo
- El espesor de la capa puede variarse ajustando la esprea de la pistola
- El rocío puede llegar a todos los ángulos, esquinas y hendiduras
- La pintura se seca con rapidez

Sin embargo, las desventajas que acarrea son:

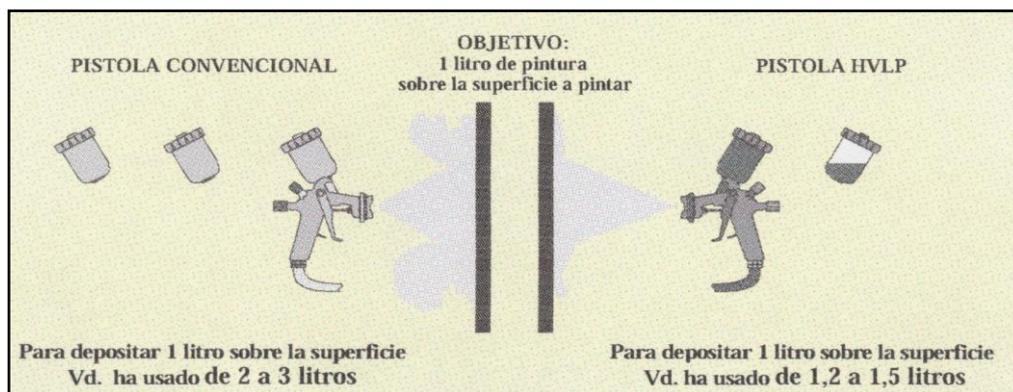
- Equipo y funcionamiento costoso
- Se requiere un operador hábil
- Debe usarse pintura de baja viscosidad (delgada)
- La neblina rociada es nociva para los pulmones humanos
- Fallas en el recubrimiento si el equipo es defectuoso o el operador carece de pericia.

#### **4.9.3.1 Pistolas Aerográficas HVLP**

El interés por aumentar la eficacia de transferencia, así como la actual preocupación por contaminar menos, ha conducido al desarrollo de equipos de aplicación que reduzcan la formación de nieblas en el pintado. Las pistolas de alto volumen y baja presión, más conocidas como HVLP (High Volume Low Pressure), utilizan para atomizar el producto un gran caudal de aire a baja presión (0,7 Kg/cm<sup>2</sup>) medida en boquilla. Con ello se ha conseguido eliminar en gran parte la niebla de pulverización que se producía tradicionalmente al aplicar productos de pintura a presiones de trabajo próximas a los 4 bares (4 Kg/cm<sup>2</sup>). La inferior presión de pulverización de las pistolas HVLP repercute positivamente en el grado de efectividad de la aplicación (eficacia de transferencia), siendo éste entre un 10 y 20% superior al de las pistolas aerográficas convencionales de alta presión (ANEXO A6). Las pistolas HVLP han demostrado obtener buena calidad de superficies pintadas. Hay muchas ventajas asociadas con las pistolas pulverizadoras HVLP :

- La mayor eficacia de transferencia de las pistolas HVLP significa que se malgasta menos y los costes son más bajos.

- Reduce el exceso de pulverización, y la frecuencia con la que se cambian los filtros de la cabina de pintura, con lo que se ahorran tiempo y dinero.
- La reducción en el consumo de pintura también puede reducir el tiempo que se tarda en hacer un trabajo, esto es, no habrá que rellenar el depósito de pintura con tanta frecuencia como si se utilizase una pistola convencional.
- Contribuye a reducir los riesgos para la salud del pintor al disminuir la emisión de materiales a la atmósfera.

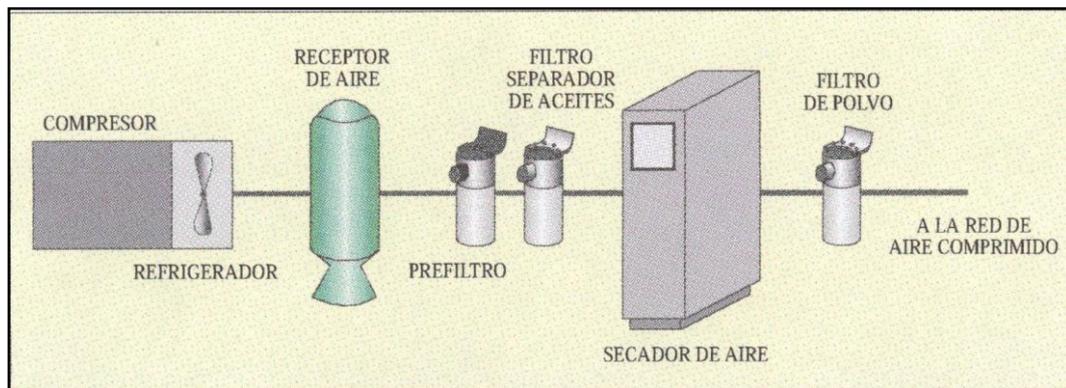


**Fig. 4.18 Eficiencia de las pistolas HVLP**

#### **4.9.4. Instalación de Aire Comprimido**

Recordemos que aunque se puede considerar que el aire comprimido es un recurso gratuito y práctico, el motor del compresor usa importantes cantidades de electricidad. Las fugas son otra fuente principal de desperdicio, y no olvidemos los costes de tratar el aire comprimido para hacerlo adecuado para su uso en las aplicaciones del taller de carrocerías. Si bien siempre es importante mantener la instalación de aire comprimido en un estado óptimo para obtener el máximo rendimiento de los equipos neumáticos, en el caso de emplear pistolas HVLP, el correcto mantenimiento de la red de aire comprimido puede resultar decisivo.

Las pistolas HVLP necesitan el volumen adecuado de aire comprimido de la calidad adecuada y a la presión adecuada. Si la presión del aire en la pistola es insuficiente, no habrá bastante aire para pulverizar correctamente la pintura, el recubrimiento resultante puede ser demasiado espeso y podría desprenderse o gotear. Demasiada presión de aire puede dar como resultado una pintura pulverizada en exceso, esto puede producir patrones de pulverización extraños, recubrimiento escaso de las superficies o porcentajes de exceso de pulverizado similares a las de las pistolas convencionales. El aire comprimido que está demasiado caliente puede dar como resultado malos acabados de la pintura porque se evaporará más disolvente (o agua) de lo habitual antes de que la niebla de pintura alcance la superficie. La humedad (o aceite) en el aire comprimido puede estropear las superficies pintadas y bloquear los filtros de aire comprimido, restringiendo el flujo de aire y causando problemas de presión y volumen.



**Fig. 4.19 Circuito de aire comprimido**

El polvo en la corriente de aire también puede estropear la superficie de los recubrimientos de pintura. Como la misma corriente de aire comprimido llega a la mascarilla del operario, no olvidemos que también deben cumplirse las normas de seguridad del aire que se respira.

#### **4.9.4.1 Accesorios**

Otros componentes sumamente indispensables de los equipos para la aplicación de recubrimientos no metálicos (pinturas) son los filtros de aire y enchufes de conexión. El aire que proviene del compresor y que circula por la red contiene partículas e impurezas sólidas, agua proveniente de la humedad relativa del aire de aspiración y aceite quemado que proviene del compresor. Todas estas impurezas llegan acompañando al aire comprimido hasta las partes vitales de las herramientas, provocando oxidación y desgaste prematuro. Por todas estas razones es necesario eliminar estas impurezas por medio de filtros, teniendo en cuenta que se ha de obtener siempre el máximo rendimiento con la mínima caída de presión.

De igual manera los enchufes y conectores, de preferencia su cuerpo debe ser de acero carbonitrurado y templado con acabado anticorrosivo (mayor durabilidad frente a los fabricados de latón y otros), además deben tener dureza superficial y funcionamiento automático por medio de pasadores cilíndricos escamoteables, para agilizar el trabajo.



**Fig. 4.20 Filtro y conector para aire**

## **CAPITULO 5**

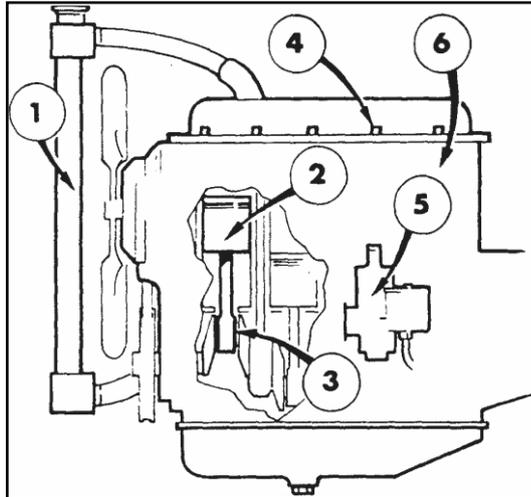
# **CORROSION DE LAS PARTES INTERNAS Y ELEMENTOS MECÁNICOS DEL VEHÍCULO**

## **5.1. BLOQUE DE CILINDROS**

Sabemos que una de las causas fundamentales de la corrosión es la conexión eléctrica que se realiza entre una clase de metal y otra. Analicemos un momento la parte interna de un motor de combustión, éste posee una infinidad de piezas y partes hechas así mismo de distintos materiales, aluminio, hierro fundido, acero, bronce, cromo, etc. Debido a ello y considerando la serie galvánica, tratada en el capítulo 2, determinamos que todos los diferentes metales que forman un vehículo de motor pueden obrar entre si para causar corrosión.

El bloque motor tiene conductos por donde circulan agua y aceite; para con los conductos de aceite, la corrosión puede reducirse empleando los mejores lubricantes obtenibles. Los aceites de grados múltiples contienen “aditivos” que poseen cualidades anticorrosivas y también propiedades limpiadoras. El aceite se combina con el oxígeno cuando se bate a alta temperatura en el cárter, se forma cieno, y éste obstruye los pasos de aceite, y ocasiona que válvulas y anillos de pistón se peguen. Uno de los aditivos para el aceite es un “inhibidor de oxidación” y éste aumenta la resistencia de las superficies del motor a la oxidación.

Otros aditivos se agregan especialmente para evitar corrosión derivada de los ácidos producidos en el cárter por los productos de desperdicio que provienen de las cámaras de combustión y pasan a través de los segmentos a mezclarse con el aceite lubricante. Algunos aditivos del aceite se llaman “detergentes”, estos hacen que las sustancias corrosivas sean llevadas por el aceite hacia el filtro, en vez de adherirse a las superficies del motor y causar corrosión.



**Fig. 5.1 Metales que integran un motor: 1-Radiador de cobre, 2- pistón de aluminio, 3- cojinetes de bronce, 4- pernos y tuercas de acero, 5- latón en el carburador, 6- bloque de hierro colado.**

Para los conductos del agua de refrigeración, y como no decirlo también, para las camisas de agua del bloque de cilindro, tal corrosión es muy perjudicial, pues ésta podría picar las camisas y por ende permitir que entre agua a los cilindros, con el consiguiente daño al motor. La precaución obvia es abrir el grifo de drenar que está en el bloque de cilindros o en el fondo del radiador y lavar el sistema de enfriamiento.

Existen preparaciones químicas para lavar los conductos internos del bloque motor y liberarlo de óxido, incrustaciones, natas y otros materiales obstruyentes.

## **5.2. CABEZOTE**

Dispone de conductos que sirven para comunicarse con los orificios de circulación de agua del bloque y de las camisas de agua, razón por la cual el cabezote adolece de los mismos problemas que tiene el bloque, puede agrietarse y picarse en las zonas de las cámaras de combustión, permitiendo similarmente

que el agua entre a los cilindros, o tenga contacto con el aceite lubricante y provoque daños graves al motor. Aún mas acusada es la corrosión por las altas temperaturas de los gases combustionados a que se someten los asientos de válvulas, caras de válvulas y cámara de compresión, que inevitablemente toman parte en el proceso.

Otra consideración importante para el entendimiento de la corrosión en motores de combustión interna es el flujo de calor. El metal que esta rechazando calor tiene una tasa de corrosión mas alta que la del metal que lo esta absorbiendo. El metal que rechaza el calor es cuando por ejemplo el metal transfiere su calor al liquido refrigerante, en nuestro caso seria el bloque del motor y el cabezote. Las observaciones demuestran claramente que los metales que rechazan el calor muestran un notable incremento en la corrosión. Las gasolinas también contribuyen a la proliferación corrosiva, es así que aunque el plomo proteja a los asientos de válvulas de la recesión, los depósitos de éste provocan la corrosión de la válvula de escape, daños en las bujías y un incremento en emisiones de hidrocarburos.

### **5.3. BOMBA DE AGUA**

Hay dos modos por los que la corrosión puede hacer fallar a la bomba de agua. El primero es la oxidación y eliminación de metal suficiente para causar una falla mecánica y el segundo es la obstrucción, que bloquea el paso del liquido. Ambos problemas conducen a pérdidas u otros problemas con el flujo del líquido, a una pobre transferencia de calor y en casos extremos la fractura de la bomba. Existe un gran número de metales presentes en los sistemas de refrigeración de los automotores, los mas comunes son acero, hierro, cobre, bronce, aluminio y soldadura de estaño. Generalmente en estos sistemas la corrosión de metales es prevenida por la formación de un film estable en sus superficies. Particularmente los metales mas fáciles de corroer en un motor son el aluminio y el estaño. Como sabemos antiguamente las bombas de agua para motores de combustión solían fabricarse de hierro, sin embargo actualmente tal material ha sido reemplazado por

el aluminio o aleaciones del mismo. Desafortunadamente, entonces podríamos decir que el componente mas vulnerable en muchos motores es la bomba de agua, ésta y sus armaduras son susceptibles a la erosión-corrosión y la cavitación.

### 5.3.1. Bombas de Aluminio

La corrosión de este metal puede ser realmente un problema. Basado en su potencial como electrodo, es el metal mas afectado por la corrosión en un motor. Solo el magnesio, sodio y potasio tienen un potencial más grande de oxidación. La razón de que los motores con partes de aluminio no se vuelven en polvo blanco es porque los óxidos de aluminio tienden a formar un film estable en su superficie. Sin embargo reiteramos este metal es sensible a un proceso, llamado erosión - corrosión donde un fluido que corre rápidamente puede remover la capa de protección de oxido. La erosión puede controlarse limitando el flujo de refrigerante a 3 m/seg. o menos. Puede llegarse a esto fácilmente excepto en la bomba.

Cavitación y erosión-corrosión son difíciles de separar para su estudio, y los resultados de ambos procesos son muy similares, daño severo localizado. La tasa de cavitación está afectada por un sin número de factores. Subiendo la densidad del fluido o su punto de ebullición se incrementa la cavitación mientras que incrementando la viscosidad, compresibilidad o la cantidad de gases disueltos se tiende a reducir la cavitación. Algunas de estas propiedades se ven afectadas por los aditivos de los refrigerantes por lo que éste efecto debe tenerse en cuenta al elegir un refrigerante en particular.



**Fig. 5. 2 Bomba de agua de aluminio**

## **5.4. RADIADORES**

La falla que más frecuentemente ocurre en los radiadores, es por la oxidación y eliminación de metal suficiente para causar una falla mecánica. En los radiadores la perforación no es tan común como la gran corrosión que puede ocurrir porque la corrosión generalmente tapa los agujeros que se crean (corrosión por picaduras).

Otro problema que se suscita en el radiador, ocurre comúnmente cuando una sal de metal se disuelve en la parte caliente del sistema y se precipita en la más fría. Alternativamente, algunos metales en el radiador pueden formar una barrera dura e insoluble que bloquea a los tubos, conductos o mangueras.

### **5.4.1. Radiadores de Aluminio**

El hidrógeno, un factor indeseable de entre los muchos sistemas de transmisión de calor, utilizando agua como medio de transporte, encontramos al radiador de aluminio como soporte físico de convección de calor. La mayor ventaja que tiene este sistema con respecto a todos los demás, es la rapidez con que transmite el calor, mientras que el mayor inconveniente son las alteraciones que sufre el radiador por causa del ataque del agua, debido a que el aluminio es un metal muy enérgicamente reactivo, a diferencia del acero (panel de chapa) o del hierro (radiador de fundición).

Analicemos porque se produce este fenómeno en el interior de un radiador de aluminio. Este metal es muy activo y, al igual que el hierro, forma una capa de óxido que lo protege de posteriores oxidaciones. Existen una serie de condiciones

que impiden, alteran o destruyen la capa protectora en la superficie interna del radiador de aluminio, son las siguientes:

- La presencia de ácidos o álcalis que alteran el pH del agua en contacto con la superficie del aluminio.
- La presencia de sustancias que impidan la oxidación del metal y por tanto no permitiendo la formación o existencia de la capa protectora de óxido.
- La presencia de iones de Cloruro, Sulfato, Nitrato y Fosfato en medios ácidos, que aumentan enormemente la velocidad de reacción. Las aguas usualmente empleadas contienen altas concentraciones de estos elementos, en medios alcalinos desaparece la capa protectora de óxido.
- Cuando aparece un ataque químico del aluminio en disolución acuosa, inevitablemente aparece el hidrógeno. Este es un gas muy energético, que en mínimas concentraciones ya produce ruido al desplazarse a través del circuito de refrigeración. Cuando su concentración va aumentando, sus efectos negativos lo hacen también, pudiendo darse el caso de que su presión interna llegase a reventar un punto débil del aluminio. Normalmente gracias a las purgas continuas, ya sean manuales o automáticas, este peligro de explosión es mínimo

De entre los fenómenos más negativos producidos por la formación de gas hidrogeno hemos de resaltar:

- Que debido al gas formado y a su densidad aparecen ruidos molestos.
- Que debido al volumen ocupado por los gases y por tanto no del agua, el rendimiento calórico baja de forma sensible. Esto se aprecia cuando se nota la parte superior del radiador más fría que la inferior.
- El deterioro progresivo del radiador debido a la corrosión interna acorta sensiblemente su vida media.

#### **5.4.2. Radiadores de cobre, bronce y plástico**

El cobre y el bronce tienen una tasa de corrosión más alta que el hierro y el acero. La única alternativa al radiador de bronce y cobre que se conoce, es uno de aluminio y plástico desarrollados al final de los 70s y al principio de los 80s. Como los metales ferrosos, la corrosión del cobre y el bronce también se controla con el uso de inhibidores.

Con respecto a la introducción más acelerada de plásticos como medios para intercambio de calor en los automóviles, el Polipropileno (polímero termoplástico) es el más usado hoy en día. Para la fabricación de radiadores se emplea el Polipropileno de alta densidad ( $0.91 \text{ gramos/cm}^3$ ) con partículas de aluminio.

El polipropileno (PP) se produce desde hace más de veinte años, pero su aplicación como un excelente termoplástico data de los últimos diez años. Este retraso se debió a la falta de una producción directa del propileno, pues éste siempre fue un subproducto de las refinerías o de las operaciones de desintegración del etano o de cargas más pesadas en la fabricación de etileno.

Otro factor que influyó en el retraso del desarrollo del polipropileno fue la falta de un catalizador adecuado.

Los radiadores de polipropileno cristalino tienen un punto de fusión de aproximadamente  $160^\circ \text{C}$ , razón por la que tienen una buena resistencia térmica y eléctrica además de baja absorción de humedad. Otras propiedades importantes del polipropileno son su dureza, alta resistencia a la abrasión y al impacto, excelente transparencia, no es tóxico, y los conductos fabricados con este material son flexibles, fuertes y resistentes a la corrosión.

## 5.5. DISCOS Y TAMBORES DE FRENO

Descrito en el capítulo 2, el óxido se forma por contacto del hierro y sus combinaciones con el oxígeno del aire y el agua, y tanto más deprisa cuanto más acidez haya en el ambiente o en el electrolito. Las pequeñas partículas de hierro formadas en la periferia de la superficie de frenado de los discos y tambores de freno, que en autos de turismo habitualmente se fabrica de hierro fundido con una pastilla de frenos orgánica, reaccionan con el agua y se combinan con el oxígeno formando óxidos metálicos. Este suceso es inevitable, pero gracias al mismo efecto de frenado, tal oxidación se desprende fácilmente.

Actualmente los constructores de vehículos estudian la posibilidad de montar frenos cerámicos en sus autos fabricados en serie, sin embargo la obtención de los mismo es sumamente costosa. Los discos de freno cerámicos presentan, debido a su alto nivel de resistencia y dureza, una resistencia a la corrosión superior a los frenos convencionales y su vida útil es muy prolongada, también sus otros componentes metálicos son de acero inoxidable. Sin embargo mientras que los frenos convencionales sufren el desgaste habitual de cualquier material de fricción, un freno cerámico no sólo acusa este desgaste sino que también sufre un proceso de oxidación.

La oxidación se da cuando la superficie del freno se va quemando, y a temperaturas que rondan los 600° C ese proceso se acelera y se convierte en el principal motivo de desgaste del freno. Cuando no se está utilizando los frenos, los conductos de autoventilación hacen llegar aire a los frenos para que la temperatura caiga por debajo del nivel de oxidación, pero como estas altas temperaturas se mantienen durante un tiempo relativamente extenso, paradójicamente el aire que se utiliza para refrigerarlos contiene una cantidad de oxígeno que acelera el proceso de desgaste.

Es sumamente importante la revisión continua de tambores de freno también, puesto que por malos montajes, desgastes, esfuerzos, etc. pueden aparecer grietas u oxido poroso que posteriormente se levanta en forma de plaquetas; y que luego permitirá al oxígeno y al agua penetrar hacia el interior del metal y entrar en contacto con las partículas de hierro mas profundas, generando fragilidad y corrosión intercrystalina en su estructura.

## **5.6. METODOS DE PROTECCIÓN**

La inhibición de la corrosión mediante el empleo de sustancias que retrasan la velocidad de las reacciones en las pilas de corrosión ha alcanzado una importancia considerable durante los últimos años. Los ambientes corrosivos, en los que no es factible emplear otros recubrimientos pueden ser mucho menos dañinos recurriendo a la introducción de pequeñas cantidades de muchos compuestos que se absorben en la superficie metálica o que reaccionan con ésta.

### **5.6.1. Inhibidores de Corrosión**

Estos compuestos son de los dos tipos generales siguientes: oxidantes inorgánicos y álcalis, y compuestos orgánicos de naturaleza polar, que contienen generalmente oxígeno y azufre o nitrógeno. Conocidos generalmente con el nombre de “inhibidores”, estas sustancias pueden funcionar mediante el control de las reacciones anódicas, de las catódicas o de ambas a la vez. La inhibición puede ser también el resultado de la quimisorción de moléculas polares por la superficie metálica, que interpone una barrera o película de resistencia eléctrica entre ánodos y cátodos. Algunos beneficios generales que brindan estos productos son:

- Mantienen el radiador limpio
- Evitan la corrosión de los metales del sistema de enfriamiento
- Permiten una óptima transferencia del calor
- Evitan la formación de óxido, barro y no atacan las guarniciones de goma
- Eliminan zumbidos y ruidos



**Fig. 5.3 Inhibidor de corrosión**

#### **5.6.1.1 Inhibidores Anódicos**

Los inhibidores anódicos se conocen a veces con el nombre de pasivadores, debido al hecho de que tienden a pasivar la superficie metálica. Cuando se emplean en concentraciones adecuadas los inhibidores anódicos pueden evitar completamente la corrosión, pero si, por otra parte se emplean concentraciones insuficientes para asegurar la pasivación de la totalidad de la superficie, puede registrarse un picado de carácter grave en la zona mal protegida.

Son inhibidores anódicos: hidróxido sódico  $\text{Na(OH)}$ , carbonato  $\text{CO}_3$ , silicato  $\text{SiO}_3$ , borato de sodio, ciertos fosfatos  $\text{PO}_3$ , cromato sódico, nitrito  $\text{NO}$  y benzoato de sodio  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ ., etc. Los inhibidores anódicos actúan formando un compuesto insoluble (óxido férrico), el cual se precipita en los lugares anódicos, evitando la reacción anódica y por tanto inhibiendo todavía más la corrosión.

### 5.6.1.2 Inhibidores Catódicos

Son inhibidores catódicos: el sulfato de cinc  $Zn(SO_4)$ , sulfato de magnesio  $Mg(SO_4)$ , bicarbonato de calcio  $Ca(CO_3)_2$ , entre otros. Los inhibidores catódicos en cambio actúan sobre toda la superficie y son menos eficaces. Reducen la corrosión mediante la formación de una capa o película de alta resistencia eléctrica sobre la superficie, la cual funciona como una barrera para la corriente de corrosión.

### 5.6.1.3 Inhibidores Sinérgicos

Uno de los principales problemas de los inhibidores anódicos es que tienen que estar presentes en una concentración suficiente con el objeto de asegurar que cualquier posible defecto en la película de óxido será cubierto, ya que de lo contrario puede ocurrir una corrosión por picaduras (localizada) muy intensa. Este riesgo se puede minimizar utilizando los llamados sistemas de inhibidores de efecto sinérgico, los cuales, básicamente son mezclas de inhibidores anódicos y catódicos. El constituyente catódico disminuye la velocidad de corrosión y así permite al constituyente anódico "sellar" la capa de óxido con una concentración mucho menor que si estuviera actuando solo.

Actualmente, los sistemas de inhibidores que se están empleando para el control de la corrosión de aguas son de este tipo, por ejemplo el sistema cromato / polifosfato de cinc.

### 5.6.1.4 Inhibidores de Adsorción Específica

En los medios ácidos, los cuales disuelven la película superficial protectora de óxido formada sobre el acero, los inhibidores anteriores obviamente no tienen efecto. En este caso se emplean los llamados inhibidores de **adsorción específica** (moléculas orgánicas) que aíslan el metal del medio ácido, protegiendo la

superficie por adsorción. Algunos inhibidores de adsorción actúan predominantemente sobre la reacción anódica, mientras otros lo hacen sobre la catódica.

### **5.6.2. Refrigerantes**

Los Refrigerantes Anticorrosivos para radiadores suelen corresponder a una formulación tropicalizada, donde temperaturas ambientales por debajo del punto de congelación del agua no son posibles, recomendando para sitios donde esta condición no se cumple, el uso de Anticongelantes. El refrigerante contiene una combinación efectiva de inhibidores de corrosión, que protege a las superficies metálicas en contacto, incluyendo las aleaciones con aluminio (cada vez más presentes en los motores actuales), de la corrosión y cavitación de la bomba.

#### **5.6.2.1 Refrigerante para motores diesel**

Ahora, los sistemas de enfriamiento de los motores para trabajo pesado necesitan especial cuidado y protección durante todo el año. Mientras la mayoría de los anticongelantes-refrigerantes previenen del congelamiento o sobrecalentamiento, no funcionan adecuadamente en maquinaria para equipo pesado. No pueden proveer la protección balanceada que un sistema de enfriamiento necesita para operar eficientemente bajo condiciones extremas de presión y temperatura. El uso de un anticongelante-refrigerante adecuado protegerá las superficies internas y sus componentes y también proveerá protección anticongelante y propiedades de transferencia de calor. **El uso de agua no es recomendado**, y mas bien las características que deben cumplir éstos refrigerantes son:

- Alto desempeño para sistemas de enfriamiento de motores diesel, gasolina y gas natural.
- Protección contra la oxidación y corrosión de las superficies internas y los componentes metálicos del motor.
- Otorgar la protección balanceada que un sistema de refrigeración necesita al trabajar bajo condiciones de presión extrema y altas temperaturas.
- Proveer una excelente protección contra el congelamiento y transferencia de calor.
- Evitar radiadores tapados, formación de gelatinas que obstruyen el sistema de enfriamiento, herrumbre y corrosión, bombas de agua con pérdidas o desgastes y fallas o cilindros erosionados por cavitación.
- Resistencia a la formación de espuma y vida útil promedio de 5 años o 5000 horas.

### **5.6.3. Preparaciones Anticorrosivas Automotrices**

Las preparaciones especiales conocidas como “inhibidores de corrosión” pueden introducirse al sistema de enfriamiento, obteniendo buenos resultados. Entre las más satisfactorias se encuentran las de benzoato de sodio  $C_6H_5COONa$  y nitrato de sodio  $Na(NO_3)$ . Estas pueden usarse separadamente o en combinación. Se cree que tienen su efecto “inhibidor” porque forman una película protectora invisible sobre todos los metales que tocan: cobre y bronce en el radiador y hierro colado en el bloque de cilindros. Esta película impide las reacciones electroquímicas que conducen a la formación de productos dañinos de corrosión.

El benzoato de sodio y el nitrato de sodio se agregan, por lo general, a las soluciones anticongelantes y entonces el sistema de enfriamiento se protege de la corrosión, hasta donde es posible. Se dispone en el comercio de varias

preparaciones para quitar la corrosión: líquidos protectores y tratamientos para la protección interior y exterior de los automóviles durante el almacenamiento.

#### **5.6.3.1 Removedores de corrosión y líquidos para dismantelar**

Tratándose de corrosión grave de las partes móviles, hay preparaciones especiales que ablandan, remueven la corrosión y ayudan a dismantelar las diversas partes. Como todo mecánico sabe, las tuercas y pernos corroídos se unen sólidamente y se resisten a la acción de la llave, puede aplicarse líquido para dismantelar a esas partes corroídas, lo que nos ayudará en las siguientes operaciones:

- Aflojar abrazaderas en U y fijadores de la carrocería.
- Remoción de tuercas del sistema de escape y el múltiple, sin dañarlas.
- Levantamiento de la cabeza del cilindro cuando se ha presentado la corrosión entre los espárragos y la cabeza.
- Liberación de pistones, anillos y válvulas unidos por la corrosión y carbón.
- Aflojamiento y remoción de depósitos de carbón.
- Limpieza del cromado (tener cuidado de que el líquido no entre en contacto con la pintura.)

#### **5.6.3.2 Tratamiento protector interno**

Cuando el motor u otras partes del vehículo se han dismantelado y van a almacenarse o a dejarse sobre el banco durante algún tiempo antes de volver a armarse, pueden ser necesarias otras preparaciones que proporcionen una capa protectora. Estos líquidos son transparentes y forman una capa resistente que se

adhiera con firmeza a las superficies de todos los metales. Esa capa protectora se disolverá sin causar daño al ponerse en contacto con el aceite lubricante, de tal modo que las partes pueden armarse nuevamente sin remover el líquido protector (a menos que afecte el ajuste de las uniones).

Estas preparaciones pueden aplicarse por inmersión, con brocha de pelo o de aire, pero antes deberán removerse de la superficie polvo, óxido, grasa y humedad. Puede emplearse este tratamiento para la protección de:

- Partes de repuesto y herramientas
- Conjuntos de cajas de engranes y ejes
- Conjuntos de motor y espárragos para cabezas de cilindros
- Partes cromadas

## **CAPITULO 6**

# **CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS**

## **6.1. CONSTRUCCIÓN DE PROBETAS**

En un vehículo la tendencia de los metales a corroerse es un hecho natural y permanente. El problema radica en controlar este efecto destructivo con la mayor economía posible, en la forma técnicamente adecuada y optimizando los recursos existentes. Todos los métodos de protección que se han descrito, tendrán una evidente ventaja de unos a otros en problemas o áreas bien individuales dentro de todo el conjunto del automóvil, sin embargo, para una protección generalizada dentro del mismo, lo que ha ganado la mayor aceptación es la interposición de una barrera no conductora, es decir, el aislamiento que evita la corriente eléctrica de la corrosión.

El propósito de este capítulo consiste, en términos generales, en aislar las superficies metálicas del ambiente y de agentes corrosivos con algún tipo de recubrimiento.

Y también es por ello necesario evaluar cuidadosamente las condiciones existentes y los materiales que podrán usarse antes de decidir el sistema mas adecuado de protección metálico o no metálico.

## **6.2. APLICACIÓN DE LOS PROCESOS ESTUDIADOS**

El efecto de la atmósfera en la vida de los automóviles es un ejemplo de la influencia del medio ambiente sobre la conservación de bienes metálicos. La crisis económica y el aumento en los precios han convertido al automóvil en un bien

duradero. Las estadísticas muestran que la edad media del parque de automóviles se está elevando en muchos países.

Por otro lado, el deterioro por corrosión de la estructura del vehículo aumenta las posibilidades de accidentes, y debido a ello la protección anticorrosiva es sumamente importante, ya que puede salvar no solo partes vitales del vehículo afectadas por la corrosión sino vidas humanas.

### **6.2.1. Galvanizado Electrolítico**

En cierta forma este recubrimiento es un “galvanizado en frío”, en el cual la película es formada por la aplicación de una mezcla homogénea de cinc y una solución acuosa.



**Fig.6.1 Chapa de acero dulce galvanizada**

El mecanismo de protección de este galvanizado sobre la chapa de acero dulce se basa en la anteposición de una película de cinc con alta conductividad eléctrica capaz de sacrificarse para proteger el acero, es decir, lo protege a partir del principio de la protección catódica. Dado que el espesor de la película y por lo tanto la cantidad de material disponible para el sacrificio es pequeña, es necesario

recubrirlo posteriormente con algún tipo de pintura, a fin de que la capa de cinc solo actúe en presencia de grietas, discontinuidades, o raspaduras.

### **6.2.2. Cromado Decorativo**

Cuando se va a recubrir electrolíticamente se puede tener en cuenta el tipo de material antes de ser tratado, ya que no se debe recubrir al azar porque las propiedades diferentes de los materiales exigen tratamientos relativa o totalmente diferentes, claro, si es que deseamos realizar trabajos muy serios y a la larga económicos. La aplicación de este recubrimiento, se ha desarrollado sobre un parachoque de acero suave, el cromado decorativo que se deposita sobre una base de níquel, se realiza con el fin de otorgarle una buena presentación y un agradable acabado a la pieza en mención.

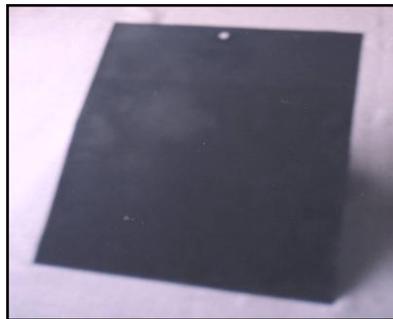


**Fig. 6.2 Cromado decorativo de un parachoque**

Muchas otras veces los cromados decorativos se aplican para otorgarles a los metales mayor dureza y un exigente acabado liso con brillo al espejo y con alta precisión. Los electrolitos de cromo contienen ácido crómico, pequeñas cantidades de ácido sulfúrico y según su composición catalizadores que pueden ser fluorados. El brillo, su dureza y su poder anticorrosivo son las cualidades más apreciadas.

### **6.2.3. Pabonado**

Los recubrimientos pabonados son muy resistentes a la corrosión, un terminado con este óxido negro puede soportar entre 100 y 200 horas de rocío de sal neutro o varios cientos de horas de humedad, según el sellante usado. El sellante es el responsable directo de la resistencia a la corrosión, ya que el recubrimiento negro subyacente actúa como una base absorbente que mantiene al sellante (pintura, cera, aceite, etc) en contacto con el sustrato metálico.



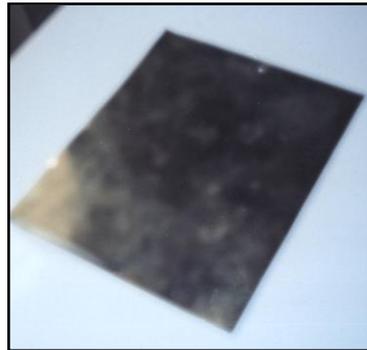
**Fig. 6.3 Pabonado de una chapa de acero**

El pabonado (óxido negro cáustico) para nuestra chapa de acero dulce, ha sido realizado mediante un baño alcalino muy concentrado con sosa cáustica  $\text{Na}(\text{OH})$  de 6 a 8 libras por galón, a aproximadamente  $140^{\circ}\text{C}$ , obteniéndose un recubrimiento de magnetita de hierro negra, en 20 o 30 minutos.

Los diferentes métodos de pabonado depositan un recubrimiento que se convierte químicamente en parte de la superficie de acero. El espesor del recubrimiento, casi  $0,00076\text{ mm}$ , es despreciable. Sin embargo, la propiedad esencial en el desempeño de cualquier recubrimiento negro es su porosidad y la habilidad de absorber recubrimientos posteriores de aceite o de cualquier otro inhibidor de corrosión.

#### **6.2.4. Latonado**

Los recubrimientos de latón casi no son utilizados en grandes factorías automotrices, sino mas bien el latonado es un proceso que sirve como medio decorativo en piezas para hogar, funeraria, etc. Sin embargo nuestra aplicación esta basada en el gran sacrificio que tiene el cinc con respecto a otros metales.



**Fig. 6.4 Latonado de una superficie metálica**

#### **6.2.5. Pinturas Automotrices**

Los acabados de los automóviles de turismo se han perfeccionado mucho durante los últimos años, y en la fabricación en serie las operaciones de reparación, pintado y acabado se realizan todas automáticamente, en pocas horas y los recubrimientos así obtenidos duran años. En efecto, se conceptúa como no satisfactorio toda pintura que, al cabo de una exposición de dos años a las condiciones atmosféricas de una región semitropical, revele señales de enyesamiento. En este proyecto se ha aplicado diversas pinturas sobre un guardafango de chapa de acero dulce, no sin antes haber preparado la chapa mediante un lijado y una aplicación de una base de fondo para todas las pinturas siguientes:

- LACA: Tiene como base una resina de Nitrocelulosa, este producto supera por mucho todas las características de su antecesor que es el barniz, y presenta un secado mucho más rápido, sin embargo esta en desuso en el área automotriz, por su poca resistencia al medio ambiente.
- ESMALTE: Representa notables mejorías en comparación con la laca en la mayoría de sus características, para su aplicación suele mezclarse con thinner laca o thinner acrílico y su principal ventaja es que una vez aplicado tiene brillo natural y no necesita ser pulido.
- ACRÍLICO: También se lo conoce como esmalte acrílico, las pinturas acrílicas tiene un uso medio en los talleres de pintura automotriz, y para su aplicación requiere la adición de un thinner acrílico con una capa final de clear que da brillantez a la pintura.
- POLIURETANO: Es ampliamente utilizado como medio dieléctrico para la protección contra la corrosión. Este tipo de pintura no requiere una capa de barniz para adquirir brillantez, mas bien a la pintura poliuretánica se añade thinner poliuretano y un catalizador.
- POLIÉSTER: Al igual que los poliuretanos, estos recubrimientos necesitan de un catalizador que mejora el brillo y un thinner poliuretano. En cuanto al acabado, el poliéster necesita una capa final de barniz, con la que se obtienen superficies con efectos metalizados.



Fig. 6.5 Aplicación de diversos tipos de pinturas

#### 6.2.6. Polimeros termoendurecibles

Como se estudio en el capitulo 4, dentro de los mencionados polimeros, ampliamente son usados los poliuretanos que pueden ser de dos tipos, flexibles o rígidos, dependiendo del polioli usado. Los poliuretanos rígidos se consiguen utilizando trioles obtenidos a partir del glicerol y el óxido de propileno. La aplicación de estos recubrimientos sobre una sección de un larguero de chasis, se registrá de acuerdo a lo tratado en el capitulo 4 de este proyecto.



**Fig. 6.6 Recubrimiento con polímero termoendurecible**

### **6.3. PRUEBAS EN DISTINTOS AMBIENTES**

La capacidad protectora de los recubrimientos anticorrosivos disminuye con el tiempo en función de una serie de variables, entre las que ejerce un papel principal la contaminación atmosférica. Por lo tanto, para el proyecto de un sistema de protección es de gran utilidad disponer de datos cuantitativos sobre el efecto de la contaminación atmosférica en la vida del recubrimiento protector. Desafortunadamente esta información es escasa, y así como el efecto de los contaminantes en la corrosión de metales desnudos ha sido extensamente experimentado, son muy reducidos los trabajos en que se plantee el establecimiento de relaciones cuantitativas entre las variables de contaminación y el comportamiento del recubrimiento protector.

#### **6.3.1. Niveles de PH**

La fuerza de un ácido se puede medir por su grado de disociación al transferir un protón al agua, produciendo el ion hidronio  $\text{H}_3\text{O}^+$ . De igual modo, la fuerza de una base vendrá dada por su grado de aceptación de un protón del agua. Puede establecerse una escala apropiada de ácidos - bases según la cantidad de  $\text{H}_3\text{O}^+$  formada en disoluciones acuosas de ácidos, o de la cantidad de  $\text{OH}^-$  en disoluciones acuosas de bases. En el primer caso tendremos una escala pH, y en el segundo una escala pOH.

Para ácidos:  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\text{logaritmo de la concentración de ion hidronio}$

Para bases:  $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\text{logaritmo de la concentración de ion hidroxilo}$

El agua pura tiene un pH de 7,0; al añadirle ácido, se forma un exceso de concentración de iones hidronio,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , y el pH baja de 7,0 según la fuerza del ácido. El pOH del agua pura también es de 7,0 y, al añadirle una base, se forma un exceso de iones hidroxilo  $[\text{OH}^-]$ , entonces el pH se eleva por encima de 7,0. Considerando entonces que las disoluciones ácidas tienen un pH que varía desde 6 (ácido débil) hasta 1 (ácido fuerte), y que las disoluciones básicas tiene un pH que varía desde 8 (base débil) hasta 14 (base fuerte), se ha elegido para realizar las pruebas de las superficies pintadas, los ambientes:

- Ácido = Ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Neutro = Agua simple  $\text{H}_2\text{O}$
- Básico = Hidróxido de Sodio  $\text{Na}(\text{OH})$

### **6.3.2. Ejecución y Resultado de Pruebas**

Al igual que en la corrosión de los metales desnudos, el comportamiento de los recubrimientos de pintura expuestos a la atmósfera depende del tiempo de humectación de la superficie pintada y de la contaminación ambiental. No obstante, la estabilidad de los sistemas de pintura puede verse afectada en grado importante por otros factores, como la acción de la luz solar, rayos UV, el ozono,

la acción microbiológica, el desgaste por erosión, etc. cuya importancia no ha sido totalmente dilucidada.

No contamos con muchos datos experimentales sobre el efecto de las variables climáticas en la vida de los recubrimientos de pintura. Sin embargo se considera de suma importancia el tiempo de humectación, presencia de contaminantes en la atmósfera, temperatura, etc. a la cual una pintura esta expuesta.

Para llevar a cabo las pruebas, es importante mencionar que las mismas las hemos realizado en una Atmósfera Normal. Además la simbología para determinar el estado de las superficies pintadas la hemos establecido considerando tres características fundamentales, siendo estas la brillantez, adherencia e impermeabilidad.

Ambiente	Propiedad	Pintura			
		Esmalte	Acrílico	Poliuretano	Poliéster
Básico Na(OH)	Brillo	B	B	B	B
	Adherencia	B	B	B	B
	Impermeabilidad	B	B	B	B
Neutro H <sub>2</sub> O	Brillo	B	B	B	B
	Adherencia	B	B	B	B
	Impermeabilidad	B	B	B	B
Ácido H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Brillo	B	B	B	B
	Adherencia	D	D	D	D
	Impermeabilidad	D	D	D	D
Estado de la pintura: B = buena, D = deteriorada, M = mala, O = obsoleta					

**Tabla 6.1 Estado de superficies pintadas para la primera semana**

Ambiente	Propiedad	Pintura			
		Esmalte	Acrílico	Poliuretano	Poliéster
Básico Na(OH)	Brillo	B	B	B	B
	Adherencia	B	D	B	D
	Impermeabilidad	B	D	B	D
Neutro H <sub>2</sub> O	Brillo	B	B	B	B
	Adherencia	B	B	B	B
	Impermeabilidad	B	B	B	B
Ácido H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Brillo	D	D	D	D
	Adherencia	M	M	D	M
	Impermeabilidad	M	M	M	M

Estado de la pintura: B = buena, D = deteriorada, M = mala, O = obsoleta

**Tabla 6.2 Estado de superficies pintadas para la segunda semana**

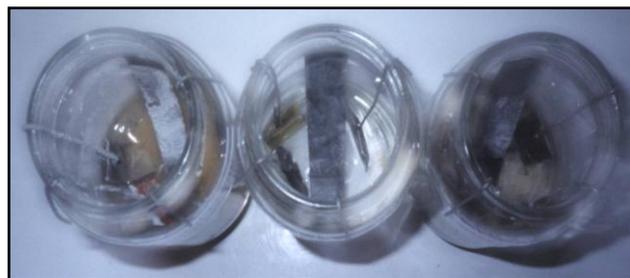


**Fig. 6.7 Pinturas deterioradas para la segunda semana**

Ambiente	Propiedad	Pintura			
		Esmalte	Acrílico	Poliuretano	Poliéster

Básico Na(OH)	Brillo	D	D	D	D
	Adherencia	D	M	D	M
	Impermeabilidad	D	M	D	M
Neutro H <sub>2</sub> O	Brillo	B	B	B	B
	Adherencia	B	B	B	B
	Impermeabilidad	B	B	B	B
Ácido H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Brillo	O	O	M	M
	Adherencia	O	O	M	O
	Impermeabilidad	O	O	O	O
Estado de la pintura: B = buena, D = deteriorada, M = mala, O = obsoleta					

**Tabla 6.3 Estado de superficies pintadas para la tercera semana**



**Fig. 6.8 Estado de las pinturas para la tercera semana**

De las pruebas se observa que la durabilidad del recubrimiento de pintura decrece marcadamente conforme aumenta la agresividad del ambiente. Así entonces los resultados de los defectos específicos que sufre cada tipo de pintura se desglosa a continuación.

Defectos	Pintura			
	Esmalte	Acrílico	Poliuretano	Poliéster
Diferencia de tono	√	√		

Cambio de brillo			√	
Formación de grietas	√			
Formación de hervidos				√
Formación de cráteres				
Ampollamiento		√		√
Pérdida de adherencia		√		

**Tabla 6.4 Defectos generales de pinturas en medios bases**

Defectos	Pintura			
	Esmalte	Acrílico	Poliuretano	Poliéster
Diferencia de tono	√	√	√	√
Cambio de brillo	√	√	√	√
Formación de grietas		√		
Formación de hervidos				
Formación de cráteres	√	√		
Ampollamiento			√	√
Pérdida de adherencia	√	√	√	√

**Tabla 6.5 Defectos generales de pinturas en medios ácidos**

# **CAPITULO 7**

## **MANUAL DE COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES A LOS DIFERENTES PROCESOS DE AMBIENTES**

### **7.1. RECUBRIMIENTOS METALICOS**

#### **7.1.1. Pernos tuercas y tornillos**

La protección proporcionada por los recubrimientos galvanizados frente a la intemperie es aproximadamente proporcional al espesor de los mismos, por lo que en las construcciones con pernos, tornillos, tuercas, remaches, abrazaderas en U y otros es normal que sea en sus superficies exteriores en donde aparezcan los primeros síntomas de oxidación del acero.

En el caso de que se desee soldar (como medio de unión) o cortar, siempre es preferible realizar estas las operaciones antes de la galvanización. La razón es que tanto la temperatura del arco eléctrico como la del soplete de corte son superiores a las temperaturas de fusión (419° C) y de vaporización del cinc (907° C), por lo que éstas operaciones destruyen las zonas del recubrimiento adyacentes a los cordones de soldadura y a los bordes cortados, siendo necesario restaurar posteriormente estas zonas (ANEXO A2).

<b>Tipo de Recubrimiento</b>	<b>Espesor ( micrometros)</b>
Electrozincado	Entre 5 y 10
Sherardizado	Entre 5 y 25
Galvanizado en Caliente	Alrededor de 50

**Tabla 7.1 Espesores típicos de recubrimientos de cinc en la tornillería comercial**

### **7.1.2. Chapas de acero**

Como medida de protección contra la corrosión en la producción en serie, actualmente el asunto de tal protección ha sido colocado en primer plano como un resultado del aumento creciente de la polución corrosiva. Por esta razón se están introduciendo continuamente mejoras en la producción mediante el uso de chapas galvanizadas en ambos lados, para ser utilizadas en los ensamblajes de las carrocería de los vehículos. Esta protección poseen ya algunos vehículos, por mencionar Chevrolet Zafira, Luv D-Max, Ford, Volvo entre otros

### **7.1.3. Válvulas y árbol de levas**

Las válvulas se fabrican de aceros especiales y se las recubre con grandes contenidos de cromo y níquel (Cromo duro), para que adquieran dureza y soporten los altos esfuerzos, desgastes y corrosiones debido a las elevadas temperaturas a las que están sometidas. Puede asegurarse una protección realmente eficaz contra la corrosión, con una capa de cromo de 0.03mm. mínimo, y mucho mejor con 0.05mm. de espesor sobre una superficie sana, sin poros y lisa. Mencionemos que éstos espesores de cromo pueden variar, y se aplican de igual forma a todos los elementos que seguidamente se describen y requieran superficies cromadas.

#### **7.1.4. Camisas de cilindro y segmentos**

El revestimiento con cromo duro es ampliamente utilizado tanto en cilindros como en segmentos para pistones de los motores de combustión interna. Esto para lograr una superficie sumamente dura y resistente a altas temperaturas durante el funcionamiento del motor, propiedad útil, ya que los revestimientos en mención no se sueldan con el calor creado por la fricción entre cilindro y segmento.

#### **7.1.5. Engranajes, Pistones y Ejes de bombas**

Hay diversas razones por las que aparecen corrosiones por rozamiento en los metales, para evitarlas se recurre a revestir con Cromo duro los ejes, pistones, caras de dientes de engranajes, etc. contribuyendo de ésta manera a reducir el desgaste, gracias al bajo coeficiente de fricción de dichos revestimientos.

#### **7.1.6. Cigüeñales**

El cigüeñal está sometido durante su funcionamiento a esfuerzos de torsión y flexión, por ello se construye con acero cementado y templado, con revestimientos de cromo duro en sus muñones de biela y bancada.

Además la alta resistencia a la corrosión del cromado en los cigüeñales, es muy útil para reducir el desgaste bajo condiciones corrosivas, que bien pueden ser creadas por los ácidos presentes en el aceite de lubricación contenidos en el cárter, y que están en contacto tanto con el cigüeñal, como con bielas, cojinetes, bomba de aceite, etc.

### **7.1.7. Parachoques y parrillas**

El embellecimiento de los vehículos no sería completo, sin accesorios que posean un cromado decorativo, siempre que se utiliza éste método se deposita una capa de níquel primero, antes de proceder a dar un acabado con un flash de cromo. El cromado decorativo se aplica generalmente sobre parachoques, guardafangos, headers, parrillas, aros, tubos de escape etc.

### **7.1.8. Carburadores y cañerías de freno**

Solían recubrirse con una capa de latón, debido al gran sacrificio que tiene el cinc con respecto al acero, pero actualmente se construyen de aluminio y acero respectivamente.

### **7.1.9. Neumáticos**

Una aplicación importante del latonado, es la adaptación de las cubiertas de caucho a los aros de acero de los neumáticos, ya que en este caso concreto, el latonado de estos últimos se ha mostrado como el método más factible para obtener el necesario grado de adhesión entre el caucho vulcanizado y la superficie del aro de acero.

En el caso del proceso empleado, se ha encontrado que la gama más adecuada de composición oscila entre 24.4 y 33.6 % de cinc aunque tratándose de caucho butilo se recomienda una proporción del 30% de cinc. Se suelen emplear depósitos de 0.0025 a 0.0005mm. de espesor.

### 7.1.10. Otros

En el área Automotriz, también el latonado se aplica en la fabricación de termostatos, guías de válvula, casquillos, conexiones, y una variedad de pieza menor en conjuntos y subconjuntos mecánicos, eléctricos y electrónicos.

## 7.2. RECUBRIMIENTOS NO METALICOS

### 7.2.1. Carrocería

Los procesos de electropintado han recibido mucha atención durante los últimos años. Como sabemos el proceso de fosfatación es un requisito obligatorio para aplicar el proceso ELPO al metal; éste ultimo es el próximo paso de la protección contra la corrosión en la producción de serie .

- 1) Capó del motor
- 2) Techo del vehículo
- 3) Panel trasero
- 4) Tapa del panel trasero
- 5) Panel de las luces traseras
- 6) Extensión exterior del panel lateral trasero
- 7) Paneles laterales
- 8) Puertas
- 9) Tapa central de la rueda
- 10) Llantas
- 11) Guardafangos
- 12) Deflector superior

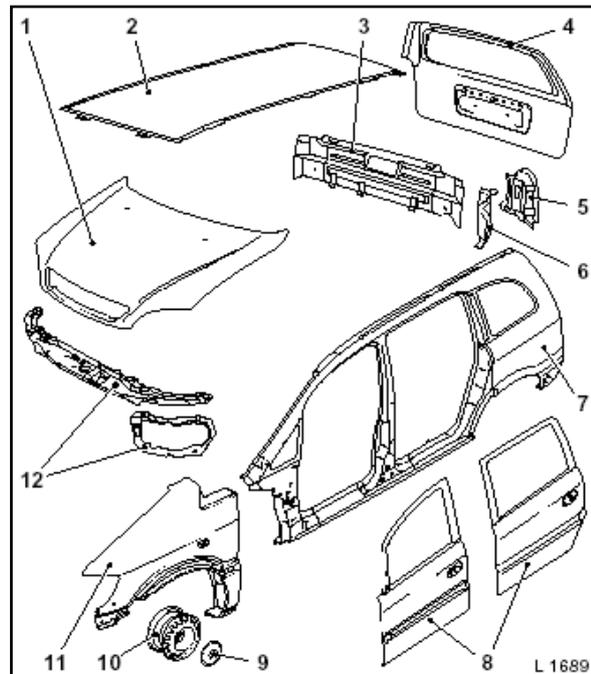
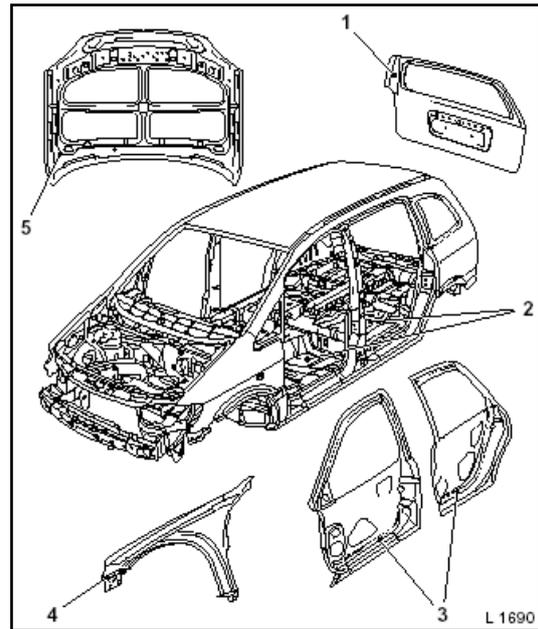


Fig. 7.1 Pintura de un vehículo, producción externa

Espesor de película reducida del esmalte de recubrimiento, esmalte básico y esmalte transparente para las regiones indicadas.

- 1) Tapa del panel trasero
- 2) Compartimiento de los pasajeros
- 3) Puertas
- 4) Guardafangos
- 5) Capó del motor



**Fig. 7.2 Pintura de un vehículo, producción interna**

### **7.2.2. Aros de Rueda y depósitos de combustible**

Las plantas de producción de electropintura, abarcan una amplia gama de aplicaciones, destacándose entre ellas, la aplicación de tal proceso a los aros de rueda y depósitos de combustible, los mismo que vienen siendo tratados así desde 1961 debido a su excelente resistencia frente a las condiciones corrosivas.

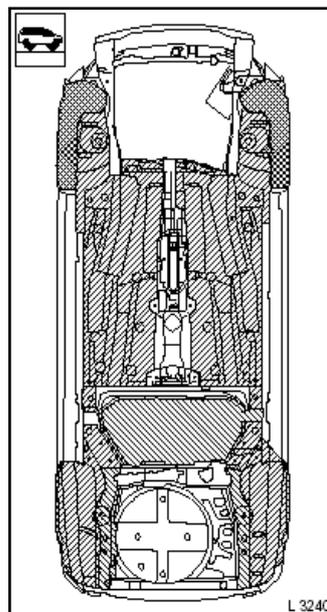
### **7.2.3. Sistemas de transmisión, dirección y suspensión**

Las superficies metálicas de un vehículo desprovistas de protección, sufren de un alto grado de corrosión, debido a ello, el proceso ELPO de electro pintura es ampliamente utilizado para la protección de árboles de transmisión, árboles de impulsión, mesas de suspensión, brazos de control, barras de torsión, brazos de dirección, etc.

El proceso ELPO es el más eficaz en comparación con otros métodos de protección no metálicos, pues si durante el proceso de rociado con algún recubrimiento de caucho, ciertas partes del varillaje de dirección, sistema de transmisión y caja de velocidades quedarán recubiertas con el caucho, se causaría el desequilibrio de flechas y produciría vibraciones. Es esencial entonces que los ejes de propulsión en especial, se mantengan limpios y no recubiertos con cualquier sustancia que alteraría su funcionamiento.

#### **7.2.4. Pasos de rueda y paneles inferiores de piso**

Todos estos sectores cuentan con un revestimiento de PVC, que se aplica después del proceso ELPO. Las áreas inferiores del vehículo con riesgo de impactos por piedras están cubiertas de la manera prevista con PVC, que proporciona protección contra la fatiga mecánica (por ejemplo, impacto por piedras y corrosión). Las demás superficies y pestañas se sellan manualmente con PVC o con un material combinado.



**Fig. 7.3 Zona inferior con recubrimiento anticorrosivo**

#### 7.2.4.1. Cera protectora de paneles inferiores

Durante la secuencia de producción, todas las partes inferiores del piso de los vehículos luego del recubrimiento con PVC, se protegen con una cera específica para los mismos. El panel inferior del piso completo del vehículo y sus piezas agregadas a la carrocería se recubren, pero los convertidores catalíticos y piezas en el área del escape no se cubren.

#### 7.2.5. Dobleces

En los dobleces y uniones no fijas, suele aplicarse un sistema de sellado mediante un adhesivo. La soldadura de agujeros por puntos no está prevista ni es necesaria en el proceso de doblado.

Revestimiento exterior (A).  
Panel interior (B).  
Adhesivo (C) sistema de sellado  
y de pegamiento de la carrocería.

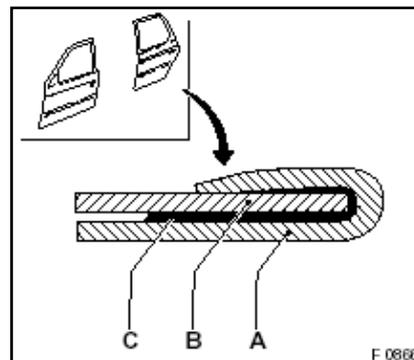


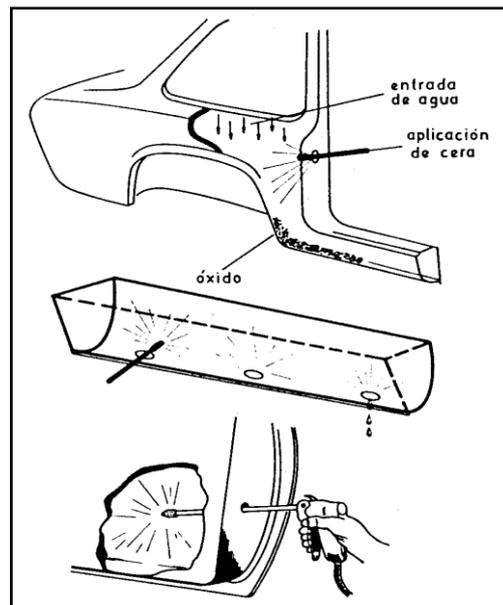
Fig. 7.4 Protección de los dobleces

#### 7.2.6. Puertas, costuras y cajeados

Los sellados se aplican en costuras de pestañas, en dobleces y en superficies alisadas. Se incluyen también en este proceso, bordes para soldar y costuras abiertas en las siguientes áreas de la estructura de la carrocería: parte delantera y

trasera del vehículo, cajas de rueda, pilares, pisos, paneles laterales y largueros. En referencia a puertas y cajeados, se toma ciertas medidas efectivas para prevenir la corrosión como :

- Desarrollo de deflectores de agua y de deflectores de polvo con el formato de la carrocería.
- Selección mejorada de material para las áreas de riesgo de corrosión debido a chapas zincadas.
- Óptima conformación y métodos de unión para las piezas de chapa de la carrocería.
- Producción de cavidades bien ventiladas e introducción de orificios de drenaje de agua

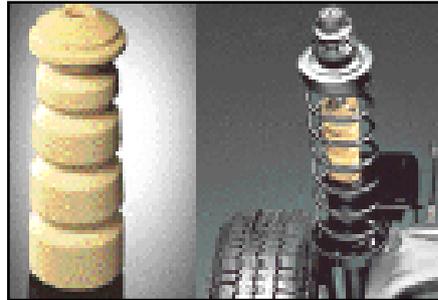


**Fig.7.5 Aplicación de protector antioxidante en cajeados inaccesibles**

### **7.2.7. Bases de motor**

Hoy en día varias partes de los vehículos asociadas con el confort, suelen utilizar algún tipo de caucho, así pues muelles suplementarios, silenblocks y otros

fabricados con elastómeros micro celulares mejoran la seguridad y la comodidad durante la marcha. Además otros muchos accesorios como manillas de puertas, techos, tapas de rueda, molduras laterales, paragolpes, sistemas de piel integral flexible para volantes de dirección, etc. ofrecen una conducción muy agradable.

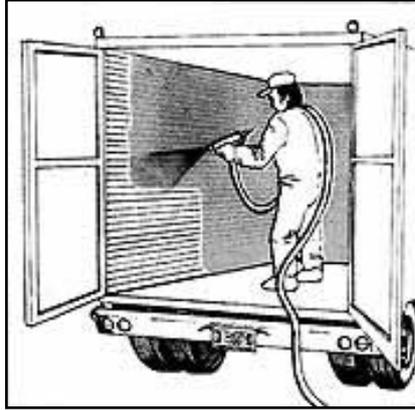


**Fig. 7.6 Elastómeros que mejoran el confort del auto**

#### **7.2.8. Baldes de camionetas, furgones y plataformas**

Las guarniciones con espuma de poliuretano proveen una superficie muy resistente a la abrasión, impacto, alta o baja temperatura y en especial a la corrosión, no así las pinturas normales. El alto grado de aislación térmica brinda un mejor aprovechamiento de los espacios útiles, asegura obtener una capa continua y garantiza la eliminación de puentes térmicos. Esto sumado a la rigidez estructural, la no absorción de agua, la rapidez de aplicación y durabilidad ilimitada, indican al poliuretano como el material aislante por excelencia, superando ampliamente a todo lo utilizado hasta el momento, para tal fin.

Cabe destacar que para su aplicación no se utiliza ningún tipo de adhesivo y que en caso de ser necesaria una reparación se podrá practicar sin inconvenientes, ya que es posible su unificación a materiales aplicados anteriormente, evitando así juntas y puentes térmicos.



**Fig.7.7 Espuma rígida de poliuretano**

La aplicación de estas espumas se realiza en forma similar a la pinturas, y en el mercado estos recubrimientos son de dos tipos:

- Tipo Comercial, de 3.5 mm de espesor.
- Tipo Industrial, de 5.5 mm de espesor.

Adicionalmente disponemos en el mercado de productos de similares características que pueden ser aplicados manualmente, estos son hechos a base de resinas epoxy, y resinas acrílicas emulsionadas.

### **7.3. Corrosión en los recubrimientos Metálicos y No Metálicos**

Por lo dicho hasta el momento, es evidente que la forma más efectiva de disminuir la corrosión metálica sería a través de la eliminación de las sustancias agresivas del medio. Como esto no puede realizarse se requiere, por lo tanto, de técnicas de protección adecuadas.

Recubrimiento	Riesgo de corrosión			
	Nulo	Ligero	Moderado	Severo
Galvanizado			√	
Cromado		√		
Pabonado			√	
Latonado				√
Esmalte				√
Acrílico			√	
Poliuretano			√	
Poliéster			√	
Espuma de poliuretano			√	

**Tabla 7.2 Corrosión con agresividad atmosférica Cálida**

Recubrimiento	Riesgo de corrosión			
	Nulo	Ligero	Moderado	Severo
Galvanizado		√		
Cromado		√		
Pabonado			√	
Latonado			√	
Esmalte				√
Acrílico		√		
Poliuretano		√		
Poliéster		√		
Espuma de poliuretano		√		

**Tabla 7.3 Corrosión con agresividad atmosférica Húmeda**

# CAPITULO 8

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

Los proceso de limpieza y tiempos de decapado en la preparación de piezas para cualquier recubrimiento metálico deben ser bien controlados, ya que de no ser así puede reducirse notablemente su vida útil, importante porque la corrosión aumenta según los niveles de pH del medio decrezcan.

Como el cinc es uno de los metales más reactivos de la naturaleza, es el que más empleo demanda para proteger de la corrosión a las chapas de acero automotrices sometidas a ataques ácidos o bases, siendo los primeros los más agresivos.

Entre los recubrimientos metálicos sometidos a pruebas en ambientes extremos de pH, los cromados son más resistentes a daños corrosivos, seguidos en orden descendente los recubrimientos galvanizados, pabonados y latonados.

En los recubrimientos no metálicos de pintura, los poliuretanos ofrecen una marcada diferencia de resistencia a la corrosión con respecto a las pinturas de esmalte y acrílico, tanto en ambientes ácidos como en base demostrados en el capítulo 6.

Los metales están siendo desplazados por polímeros que brindan buena resistencia a los ambientes agresivos, buena dureza, bajo peso y aspecto agradable en la protección tanto interna como externa de los vehículos.

Combinaciones de recubrimientos metálicos y no metálicos brindan extraordinaria y mejor protección, como el proceso automatizado ELPO.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

Durante el uso de químicos o sustancias limpiadoras, decapantes o que toman parte para cualquier recubrimiento, adoptar las máximas precauciones con el objeto de evitar posibles explosiones o accidentes.

Para seleccionar el método anticorrosivo adecuado es importante conocer las características, propiedades, ambientes de trabajo o los tratamientos dados al metal base, puesto que también inciden en el correcto asentamiento del recubrimiento.

En el motor de combustión interna para limitar la corrosión hay que cerciorarse que el aceite lubricante y los filtros sucios que contienen ácidos corrosivos se cambien regularmente, de igual manera si se emplean refrigerantes o inhibidores de corrosión.

Para aplicar los diversos tipos de pinturas debe realizarse una limpieza y mantenimiento de todo el equipo de aire comprimido y pulverización, con el objeto de evitar mezclas de pintura, afectar la tonalidad y el patrón final de acabado.

En los procesos ELPO la comprobación de la pintura debe efectuarse a diario para controlar el pH, contenidos sólidos del pigmento, temperaturas, etc. para electro pintar correctamente el metal base.

Con obligatoriedad para todos los métodos de recubrimientos deben usarse equipos de protección adecuado para cada tipo de ellos, mascarillas, casco, guantes, calzado, ropa etc. por el peligro que entrañan disolventes, emanación de gases tóxicos y otros que deben ser contrarrestados por una buena ventilación o un buen sistema de seguridad industrial.

## GLOSARIO

**Agente Oxidante:** es la sustancia que se reduce (gana electrones) provocando la oxidación.

**Agente Reducente:** es una molécula que proporciona electrones.

**ACUOSO:** abundante en agua, parecido a ella. De agua o relativo a ella.

**Álcali:** hidróxido metálico muy soluble en el agua, que se comporta como una base fuerte.

**Autótrofo, fa:** dicho de un organismo que es capaz de elaborar su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas.

**Alcalino:** metales con poderosos agentes reductores, o sea, pierden fácilmente un electrón, y reaccionan violentamente con agua para formar hidrógeno gas e hidróxidos del metal, que son bases fuertes.

**Adsorción:** Acción y efecto de atraer y retener en la superficie de un cuerpo moléculas o iones de otro cuerpo.

**Bidón:** recipiente con cierre hermético que se destina al transporte de líquidos o de sustancias que requieren aislamiento.

**Biodegradable:** dicho de un compuesto químico que puede ser degradado por acción biológica, o sea que se puede transformar de una sustancia compleja en otra de constitución más sencilla.

**Benzoato de sodio:** también benzoato de sosa, sal del ácido benzoico, blanca, cristalina o granulada, de fórmula  $C_6H_5COONa$ . Es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol. La sal es antiséptica y se usa generalmente para conservar los alimentos. En cantidades elevadas es tóxica.

**Crisol:** cavidad que en la parte inferior de los hornos sirve para recibir el metal fundido.

**Cianuro CN:** es una sal de ácido cianhídrico.

**Clorato:** anión inorgánico muy reactivo. El ion clorato es un subproducto natural del dióxido de cloro.

**Cloruro:** sal del ácido clorhídrico.

**Cieno:** lodo blando que forma depósitos en sitios bajos y húmedos.

**Cavitación:** proceso por el cual las fluctuaciones de presión causan la formación y colapsamiento de cavidades de vapor, las que ejercen grandes fuerzas mecánicas en las superficies del metal.

**Diferencia de Potencial:** en cualquier pareja el metal que está más cerca del lado activo será el ánodo y se corroerá, mientras que el otro será el cátodo que quedara protegido, la diferencia de potencial eléctrico entre dos metales está relacionado con la distancia entre ellos, según la serie galvánica.

**Decapado:** es la eliminación de las capas de óxido, formadas sobre una pieza metálica. Los tipos comunes de decapado son: mecánico, electrolítico y químico.

**Electrón:** pequeña partícula atómica portadora de la carga eléctrica negativa. Se dice que un objeto está cargado eléctricamente si sus átomos tienen un exceso

de electrones (posee carga negativa) o un déficit de los mismos (posee carga positiva).

**Exfoliación:** deshojamiento, dividir algo en láminas o escamas.

**Electrolito:** es toda sustancia que se descompone al paso de la corriente eléctrica, a éste fenómeno se le llama electrolisis.

**Estireno:** hidrocarburo insaturado, oleoso y de olor penetrante, usado en la industria para la fabricación de polímeros plásticos y resinas sintéticas, como el poliéster

**Fosfato:** Sal o ester del ácido fosfórico.

**Gratado:** limpieza con una escobilla de metal que sirve para limpiar, raspar o bruñir.

**Humedad del aire:** contenido de vapor de agua invisible normalmente en el aire atmosférico, dicha humedad depende de la temperatura.

**Heterótrofo, fa:** dicho de un organismo incapaz de elaborar su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas, por lo que debe nutrirse de otros seres vivos.

**H<sub>3</sub>O Hidronio:** asociación de las moléculas de agua con los iones hidrógeno H<sup>+</sup>. El pH también se expresa a menudo en términos de concentración de iones hidronio.

**Ion:** partícula que se forma cuando un átomo neutro o un grupo de átomos ganan o pierden uno o más electrones.

**Isómeros:** dos o más moléculas con composiciones químicas idénticas, pero que difieren en la disposición de los átomos. Dos sustancias isómeras pueden diferir

en sus propiedades físicas, químicas y biológicas: una puede ser una medicina útil y la otra ineficaz, una inofensiva y la otra explosiva.

**Jabón:** mezcla de sales alcalinas de ácidos grasos superiores.

**Nitrito:** es el radical univalente  $\text{NO}_2$  o un compuesto que lo contenga, tal como una sal o un éster de ácido nitroso. El nitrito es una sal del ácido nitroso.

**Nailon:** material sintético de índole nitrogenada, del que se hacen filamentos elásticos, muy resistentes.

**Nitrato :** Sal formada por la combinación del ácido nítrico con una base

**Oxidrilo :** hidroxilo  $\text{OH}$ . Radical formado por un átomo de hidrógeno y otro de oxígeno, que forma parte de muchos compuestos.

**Oxidación:** se refiere a la media reacción donde un átomo o un grupo de átomos pierden electrones.

**Protón :** partícula subatómica con carga eléctrica positiva, que constituye el núcleo de los átomos junto con los neutrones, y cuyo número, denominado número atómico, determina las propiedades químicas del átomo.

**PH :** poder del Hidrógeno. Grado de alcalinidad o acidez de un fluido. Una medida elevada de pH corresponde a un medio alcalino y viceversa. Entre 0 y 6 la disolución es ácida, y de 8 a 14, básica.

**Polimerización:** reacción química en la que dos o más moléculas se combinan para formar otra en la que se repiten unidades estructurales de las primitivas y su misma composición porcentual cuando estas son iguales.

**PVC:** policloruro de vinilo,  $(-\text{CH}_2 - \text{CHCl}-)_n$ , polímero sintético de adición que se obtiene por polimerización del cloruro de vinilo.

**Poliéster:** polímero de un éster que se obtiene por condensación de diácidos orgánicos con polialcoholes. Se utiliza en la industria de los plásticos para fabricar pinturas, barnices, fibras textiles, y para la construcción de carrocerías de automóviles y cascos de embarcaciones.

**Reactividad:** propiedad del cuerpo, que puede reaccionar químicamente con otros.

**Reducción:** se refiere a la media reacción donde un átomo o un grupo de átomos ganan electrones.

**Resinas:** grupo de sustancias orgánicas, líquidas y pegajosas, que normalmente se endurecen por la acción del aire, convirtiéndose en sólidos de aspecto amorfo y brillante.

**Sulfuro:** combinación del azufre con un elemento químico o con un radical. Uno de los sulfuros más importantes es el de hidrógeno.

**Sulfato:** sal mineral u orgánica del ácido sulfúrico, es un radical.

**Saponificación:** acción de convertir un cuerpo graso en jabón.

**Sinergia:** Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.

**Terpenos:** denominación genérica de una serie de compuestos naturales que formalmente se pueden considerar polímeros del isopreno.

**Vehículo o Ligante:** elemento que aglutina al pigmento y se adhiere conjuntamente a la superficie, constituyendo ambos el residuo seco que conocemos como pintura una vez aplicada.

# BIBLIOGRAFÍA

Arbellot L : Manual practico de recubrimientos electrolíticos; Barcelona ES.  
Editorial Hispano Europea.

Gillet E : Manual de los usuarios de revestimientos en cromo duro; Bilbao ES.  
1965, Urmo.

Hendrick T W : La corrosión y como evitarla; México Mx 1966, Primera edición.

R M Burns y WW Bradley : Recubrimientos protectores de los metales; Madrid  
ES. 1964, Ediciones Interciencias.

Yeates RL : Pintado electrolítico; Madrid ES. 1968, Editorial River.

Cases R y Garrote R : Tratado de la Carrocería del Automóvil; Barcelona 1980,  
1ra Edición, Editorial J. Montesó.

Internet: [www.imsacero.com](http://www.imsacero.com)

Internet : [www.zona-warez.com/tutoriales](http://www.zona-warez.com/tutoriales)

Internet : [www.Landroverclub.com.ar](http://www.Landroverclub.com.ar)

Internet : [www.rhinolatino.com](http://www.rhinolatino.com)

Internet : [www.nervion/corrosion/superficies.com](http://www.nervion/corrosion/superficies.com)

Internet : [www.ihobe.es](http://www.ihobe.es)

Manual del Sistema Mixing Glasurit

Biblioteca de Consulta Encarta 2005

# ANEXOS

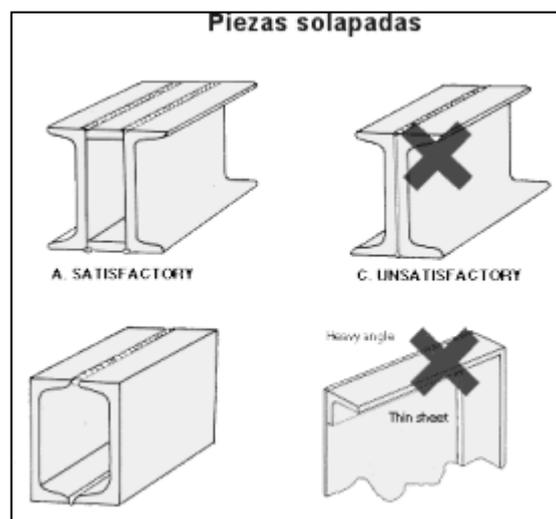
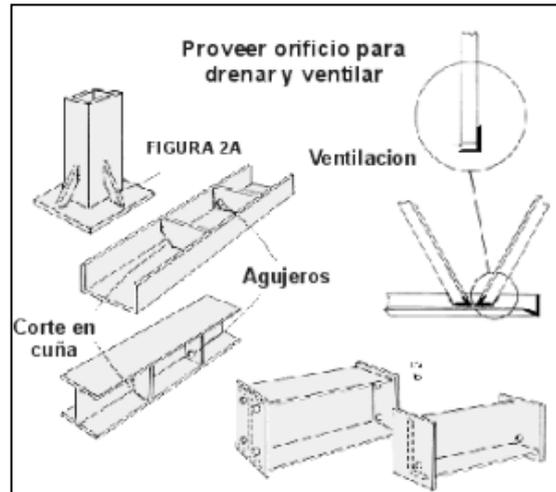
## ANEXO A1

### Propiedades de los galvanizados en función de la técnica que se utilice

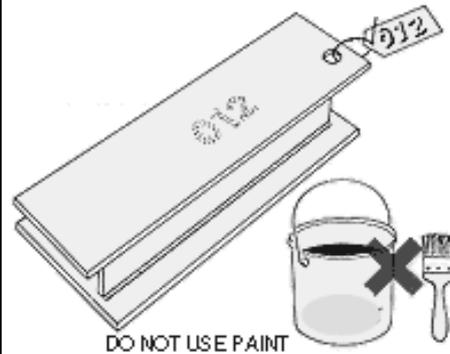
	Galvanizado por inmersión	Galvanizado por proyección	Galvanizado electrolítico	Sherardización	Recubrimientos con polvo de cinc
Características del recubrimiento	Formación de capa de aleación Fe-Zn recubriendo al cinc. El recubrimiento está unido al acero	Buen entrelazado mecánico, tras un adecuado pretratamiento de inyección de polvo	Buena, comparativamente al resto de recubrimientos	Buena, la difusión del recubrimiento provee de unión metalúrgica	Buena, se puede mejorar mediante inyección de polvo previa
Continuidad y uniformidad	Buena. Posibles discontinuidades a simple vista. Exceso de cinc en puntos de drenaje de la pieza y esquinas	Depende de la aptitud del operador. Recubrimiento poroso rápidamente relleno con productos de la corrosión de cinc	Uniforme, con limitaciones de acuerdo a la solubilidad del baño	Continua y muy uniforme, incluso en partes irregulares	Buena, algunos poros, recubiertos con productos de reacción
Espesor	50-125 $\mu\text{m}$ para tubos 10-50 $\mu\text{m}$ para láminas y filamentos 5-10 $\mu\text{m}$ para piezas	Espesores variables entre 100-150 $\mu\text{m}$ . Puede llegar a superar los 500 $\mu\text{m}$	Variable entre 2,5 y 5 $\mu\text{m}$ . Posibilidad de espesores superiores a costa de menor rentabilidad	Variable entre 15-30 $\mu\text{m}$	Superior a 40 $\mu\text{m}$
Conformabilidad y propiedades mecánicas	Recubrimientos convencionales aplicados a piezas, no conformables. Capa de aleación resistente a la abrasión. Rigidez a la flexión.	Aplicado a piezas terminadas, no se requiere conformado. Admite soldadura, pero es preferible realizar previamente soldadura y llevar a cabo el tratamiento posteriormente	El acero galvanizado electrolíticamente tiene excelente conformabilidad y puede ser soldado mediante soldadura por punto	Es aplicado a artículos terminados. No es necesaria la conformabilidad. Excelente resistencia a la abrasión	Resistencia a la abrasión mejor que la de las pinturas convencionales

## ANEXO A2

### Diseño de piezas para galvanizar

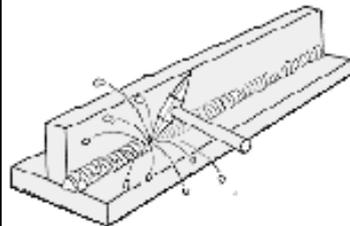


### Evitar pintar antes del galvanizado

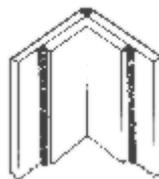


### Soldadura de piezas

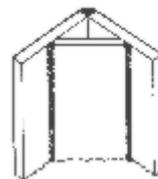
Evitar antiadherentes con siliconas  
limpiar bien las escorias



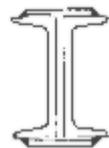
### Evitar retenciones de Acido



Inadecuado



Adecuado

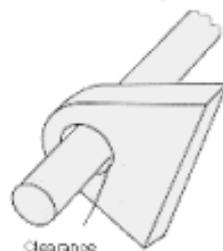


Inadecuado



Adecuado

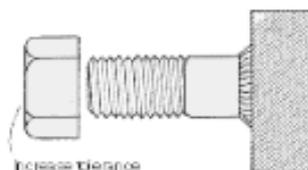
### Piezas acoplables



Clearance

Holgura adicional 1 a 2mm

### Piezas roscadas

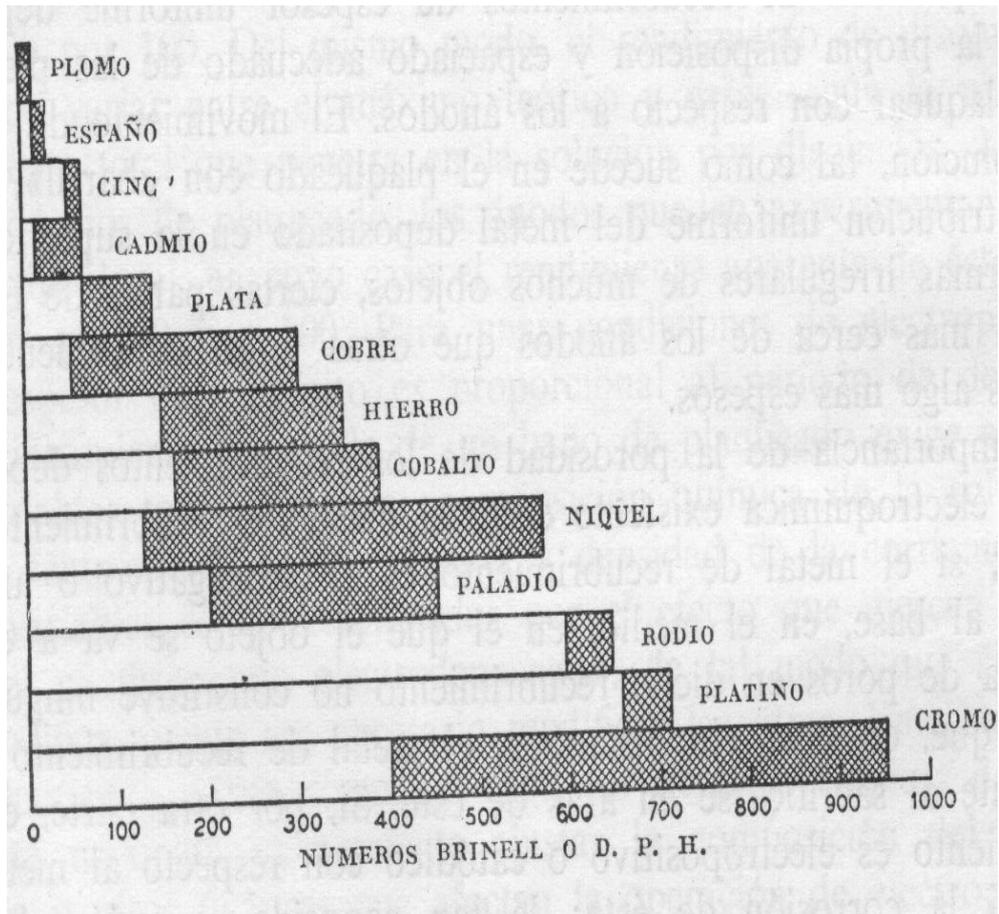


Exceso Clearance

Holgura adicional 4 veces el espesor del recubrimiento

### ANEXO A3

#### Valores de dureza de los metales electrodepositados



## ANEXO A4

### Rendimiento de los Baños de Cromado

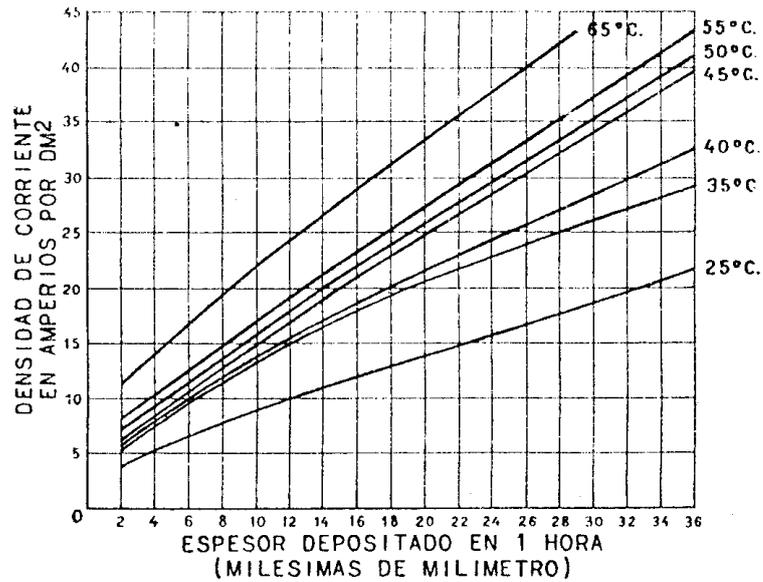


Figura 20. Baño de cromado con 250 g/l de ácido crómico y 2,5 g/l de ácido sulfúrico.

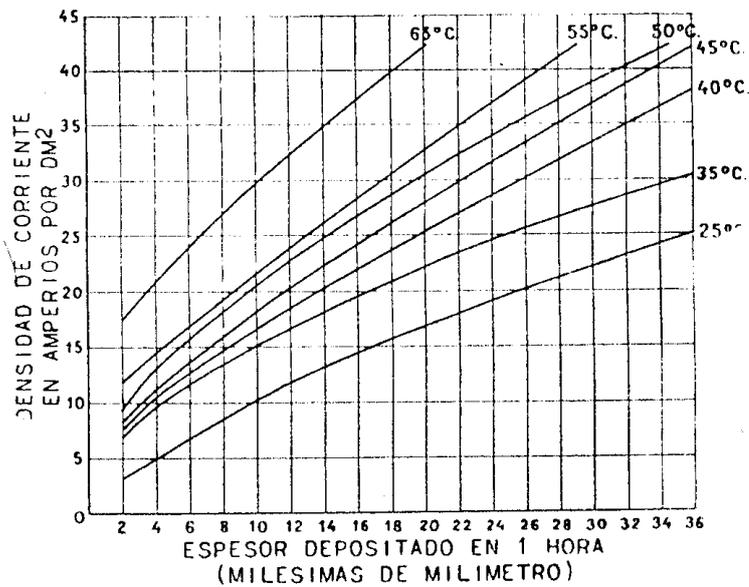
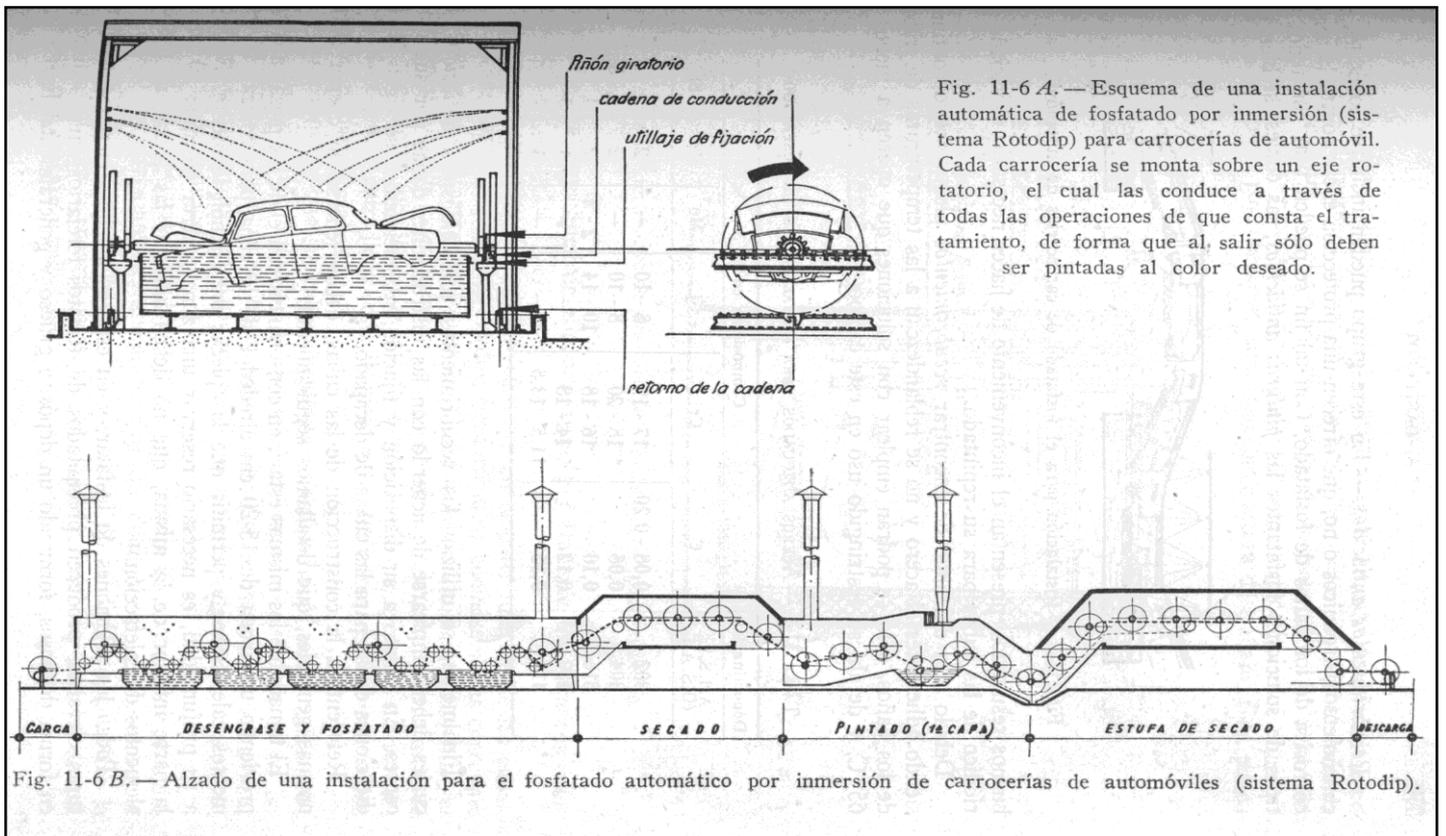


Figura 21. Baño de cromado con 400 g/l de ácido crómico y 4 g/l de ácido sulfúrico.

## ANEXO A5

### Alzado de una instalación para el fosfatado automático por inmersión de carrocerías de automóviles (sistema ROTODIP)



## ANEXO A6

### Comparaciones de aplicación de las pinturas con pistolas HVLP y convencionales, y técnica correcta de pintado

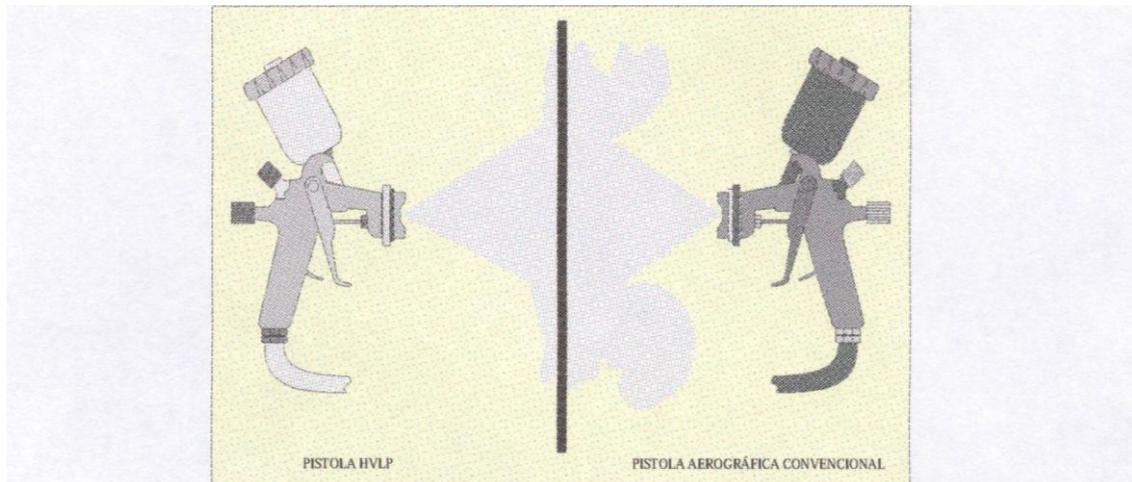
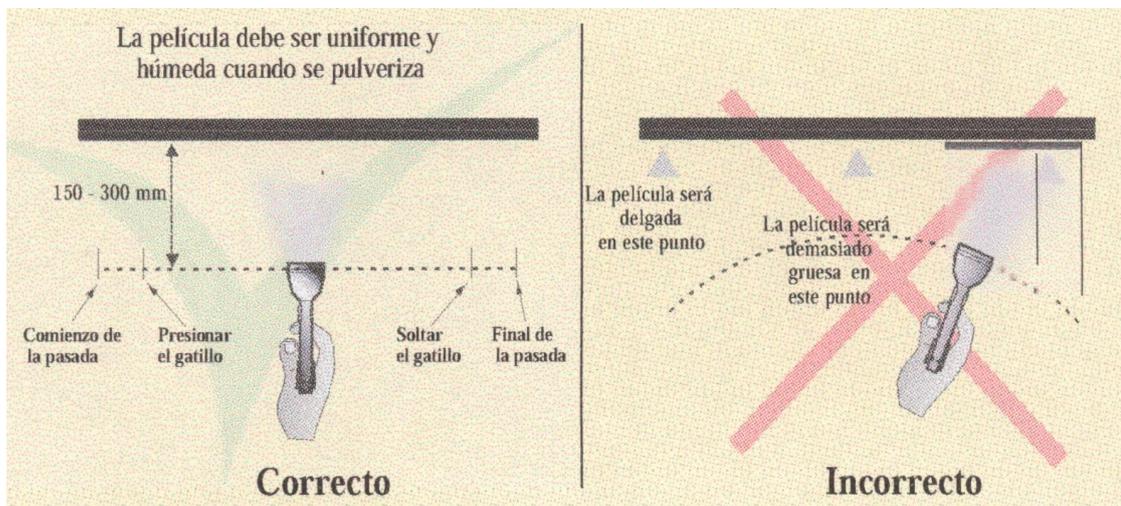


Figura 41: Reducción de la formación de niebla de pintura en las pistolas de baja presión en comparación con las pistolas de alta presión

	HVLP	Convencional
Eficacia de transferencia	65%	35%
Presión máxima de aire en la boquilla	0,7 kg/cm <sup>2</sup>	2,5-4 kg/cm <sup>2</sup>
Consumo de aire	350-550 l/min	250-400 l/min
Distancia de aplicación	15 cm	20-25 cm



## ANEXO A7

### Mantenimiento a Sistemas de Enfriamiento de Motores de Servicio Pesado

Back to [Technical Service Bulletins](#).

<p>Hay muchos problemas y fallas de los sistemas de enfriamiento. Muchos de esos problemas han ocurrido debido a una información y prácticas de mantenimiento incorrectas. La siguiente información solucionará esas áreas de problemas mediante la corrección de la información incorrecta y listando las prácticas adecuadas de mantenimiento.</p>		<p>La tabla mostrada abajo es un listado de los seis problemas más comunes en los sistemas de enfriamiento de hoy. Junto con cada problema hay una descripción de cómo ocurre, cómo afecta a su motor y, lo que es más importante, cómo prevenirlo</p>	
PROBLEMA	COMO OCURRE	CONSECUENCIA	EL REMEDIO
*Herrumbre	Oxidación dentro del sistema.	Taponamiento del sistema. Causa un desgaste acelerado	Los inhibidores de corrosión en un Aditivo Suplementario de Enfriamiento de calidad ayudan a prevenir el óxido.
Incrustación (Dureza del Agua)	Son sales minerales, especialmente calcio y magnesio que están presentes en toda el agua. Esos minerales pueden solidificarse y adherirse a las superficies metálicas calientes.	1. Tapa los pasajes del sistema. 2. Provoca depósitos en áreas de alta temperatura y reduce la transferencia de calor causando puntos calientes. Esto produce una expansión despareja del metal, rayaduras, cuarteaduras, desgaste acelerado de los anillos y eventualmente cabezas y/o monoblocks rotos.	El Aditivo Suplementario del Refrigerante mantiene las sales minerales en suspensión de tal manera que no pueden depositarse en las superficies metálicas ni tapar los pasajes.
Acidez (pH)	1. El etilén glicol del anticongelante reacciona con el oxígeno del aire y forma ácido. 2. Una junta de la cabeza floja u otra fuga pueden provocar que se forme ácido sulfúrico debido a que el combustible quemado fuge hacia el sistema de enfriamiento.	Corroe el hierro, el acero y el aluminio	Un Aditivo Suplementario de calidad neutraliza los ácidos y evita la corrosión. El pH del refrigerante debe estar entre 8.5 y 1.5.
Camisas de los Cilindros Picadas	La vibración constante de la camisa del cilindro causa que se forme un vacío momentáneo en su superficie. El refrigerante ebulle debido al vacío y las burbujas de vapor se forman en la superficie de la camisa perforando las áreas no protegidas.	Causa picaduras que pueden perforar la camisa y permitir que el refrigerante entre a la cámara de combustión o al cárter.	El Aditivo Suplementario del refrigerante cubre la camisa con una delgada película que lo protege de la erosión sin impedir la transferencia de calor.
Espuma	Espuma - la aireación del refrigerante - ocurre cuando entra aire al sistema.	Ayuda al problema de erosión por cavitación, particularmente en las áreas del impulsor de la bomba de agua.	Un Aditivo Suplementario de Refrigerante de calidad tiene un agente antiespumante que evita la formación de burbujas de aire. Este antiespumante es efectivo a todas las temperaturas incluyendo en el arranque.
Impulsores de la Bomba de Agua Picados	El flujo y la turbulencia son altos en la hoja del impulsor. Esto causa cavitación. Además, existe la posibilidad que partículas abrasivas estén presentes en el sistema.	Causa pérdida de eficiencia de la bomba y la falla total de la bomba.	El Aditivo Suplementario del Refrigerante protege al impulsor de la erosión de la cavitación y el filtro retiene las partículas para reducir el desgaste abrasivo en los componentes del sistema de enfriamiento.

*\* Debe hacerse notar que mientras exista aceite en el anticongelante, el óxido puede aparecer aún en sistemas químicamente protegidos. Si usted nota la presencia de óxido, debe revisar el enfriador de aceite por una posible fuga.*

### INICIO CORRECTO

Antes de cambiar el refrigerante, el sistema debe ser lavado completamente para remover cualquier contaminación. Un sistema limpio debe estar libre de contaminantes sólidos y líquidos incluyendo aceite.

### AGUA DE REPUESTO

El mantenimiento adecuado del sistema de enfriamiento requiere un agua de repuesto de calidad. Toda agua de repuesto es corrosiva, sin embargo, debe evitarse el uso de agua con alto contenido de minerales. Debe usarse agua de la red municipal tan blanda como sea posible. Agua de la red municipal que haya sido suavizada por el proceso de sales o cloruros no debe ser utilizada. Muchos fabricantes de motores han establecido especificaciones para el agua utilizada en sus motores. La siguiente tabla muestra algunas de esas especificaciones.

	CATERPILLAR	CUMMINS	DETROIT
Dureza	100ppm	300ppm	170ppm
Cloruros	40ppm	100ppm	40ppm
Sulfatos	100ppm	100ppm	100ppm
Sólidos Disueltos	340ppm	500ppm	340ppm

### ANTICONGELANTE

Debe utilizarse por alrededor de un año un anticongelante, etilen glicol, propilen glicol o anticongelante de larga vida. El glicol en el anticongelante provee protección contra el congelamiento. También proporciona un ambiente estable para las juntas y sellos. Esas juntas podrían encogerse si se utiliza agua sola y podría resultar una fuga.

Algunos de los mayores problemas que vemos en los sistemas de enfriamiento de hoy están relacionados al anticongelante. Uno de los problemas más notorios es la gelación/disminución de silicatos. Los problemas de gelación de silicatos han aumentado en frecuencia desde principios de los años 80. Las dos causas mayores de este problema son:

1.	Anticongelante con altos silicatos
2.	Sobreconcentración de anticongelante y/o de Aditivos Suplementarios

Todos los anticongelantes usados en los motores de servicio pesado de hoy deben cumplir la especificación GM 6038M o la ASTM D-4985 en cuanto al contenido de silicatos. La concentración del anticongelante debe ser mantenida entre 40% y 60% (40% de anticongelante y 60% de agua hasta 60% de anticongelante y 40% de agua). Una mezcla de 50% es ideal.

### ADITIVOS SUPLEMENTARIOS

El utilizar la cantidad apropiada de un Aditivo Suplementario de alta calidad es muy crítico en prevenir el problema mencionado en la tabla de la página anterior. Cuando se rellena un sistema limpio con anticongelante nuevo y agua se requiere un Aditivo Suplementario. Esos aditivos contienen muchos inhibidores que no se encuentran en los anticongelantes de hoy, o si están presentes, su nivel de concentración es bajo (inaceptables para la protección del motor).

Cuando se lleve a cargo la precarga, asegúrese de utilizar el filtro de precarga adecuado al tamaño de su sistema o 4 onzas [120 ml] de Aditivo Suplementario líquido por galón [3.8 l] de anticongelante (los Aditivos Suplementarios más comunes tienen un requerimiento base de 4 onzas [120 ml]). En cualquier caso, asegúrese de seguir las especificaciones del fabricante del Aditivo Suplementario.

### SERVICIO

Los Aditivos Suplementarios se consumen mientras están en el proceso de proteger las superficies metálicas que están en contacto con el refrigerante. Esos aditivos deben ser repuestos utilizando filtros que los contengan o utilizando Aditivos Suplementarios líquidos a los intervalos especificados para mantener los niveles de concentración adecuados.

### DRENADO Y LAVADO PERIODICO

El anticongelante se descompone en ácidos corrosivos debido a los ciclos de temperatura en el sistema de enfriamiento. El anticongelante también se contamina con suciedad, aceite, gases de combustión e inhibidores agotados. Aunque un filtro de refrigerante de calidad removerá los contaminantes sólidos, no removerá el aceite o los gases de combustión. Debido a la descomposición del anticongelante, todos los fabricantes de motores recomiendan el drenado y lavado periódico. Caterpillar y Detroit Diesel recomiendan que éste sea anual mientras que Cummins y Mack recomiendan un máximo de dos años.

Hay muchos productos especializados en el mercado de

Hay varios tipos de estuches de prueba de Aditivos

hoy que pueden ayudarle a desarrollar un programa de mantenimiento del sistema de enfriamiento.

El nivel de concentración del anticongelante que puede provocar la gelación del silicato y fuga en la bomba de agua. El rango recomendado es 40 - 60% a temperatura ambiente. El uso de un refractómetro o hidrómetro ayudará a asegurar que la concentración del glicol está en los niveles adecuados.

Otro problema causado por la sobreconcentración es la fuga en la bomba de agua. En un estudio hecho por Cummins Engine Company, el 54% de las fallas de las bombas de agua que ellos examinaron se debieron a la sobreconcentración. El 78% de las bombas examinadas mostraban sobreconcentración independientemente de la causa de la falla.

Suplementarios en el mercado. Los tipos principales checan una de las siguientes características:

1. Nitrito de sodio
2. MBT 3. pH

El uso del estuche de prueba está recomendado por el proveedor del Aditivo Suplementario. PRECAUCION: Las tiras de pruebas o probadores que registran el pH como el único factor determinante en el análisis del Aditivo Suplementario no deben ser utilizados. Para mayor información con relación al anticongelante refiérase al [TSB-97-2](#)

Para información adicional contacte a:

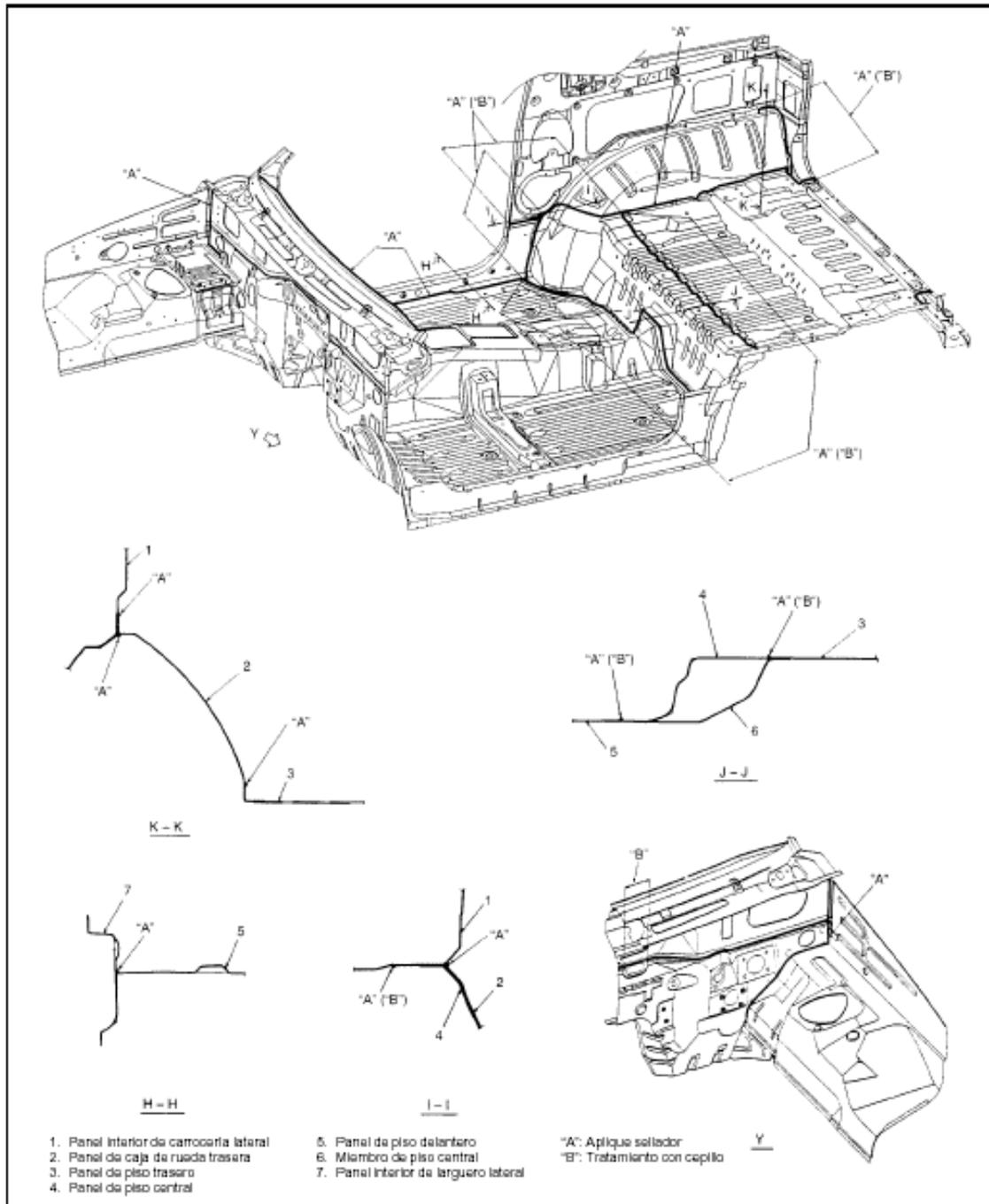
Filter Manufacturers Council  
P.O. Box 13966  
Research Triangle Park, NC 27709-3966  
Phone: 919/549-4800 Fax: 919/549-4824  
Used Filter Recycling Hotline: 800/993-4583  
[www.filtercouncil.org](http://www.filtercouncil.org)  
Administered by Motor & Equipment Manufacturers Association

## ANEXO A8

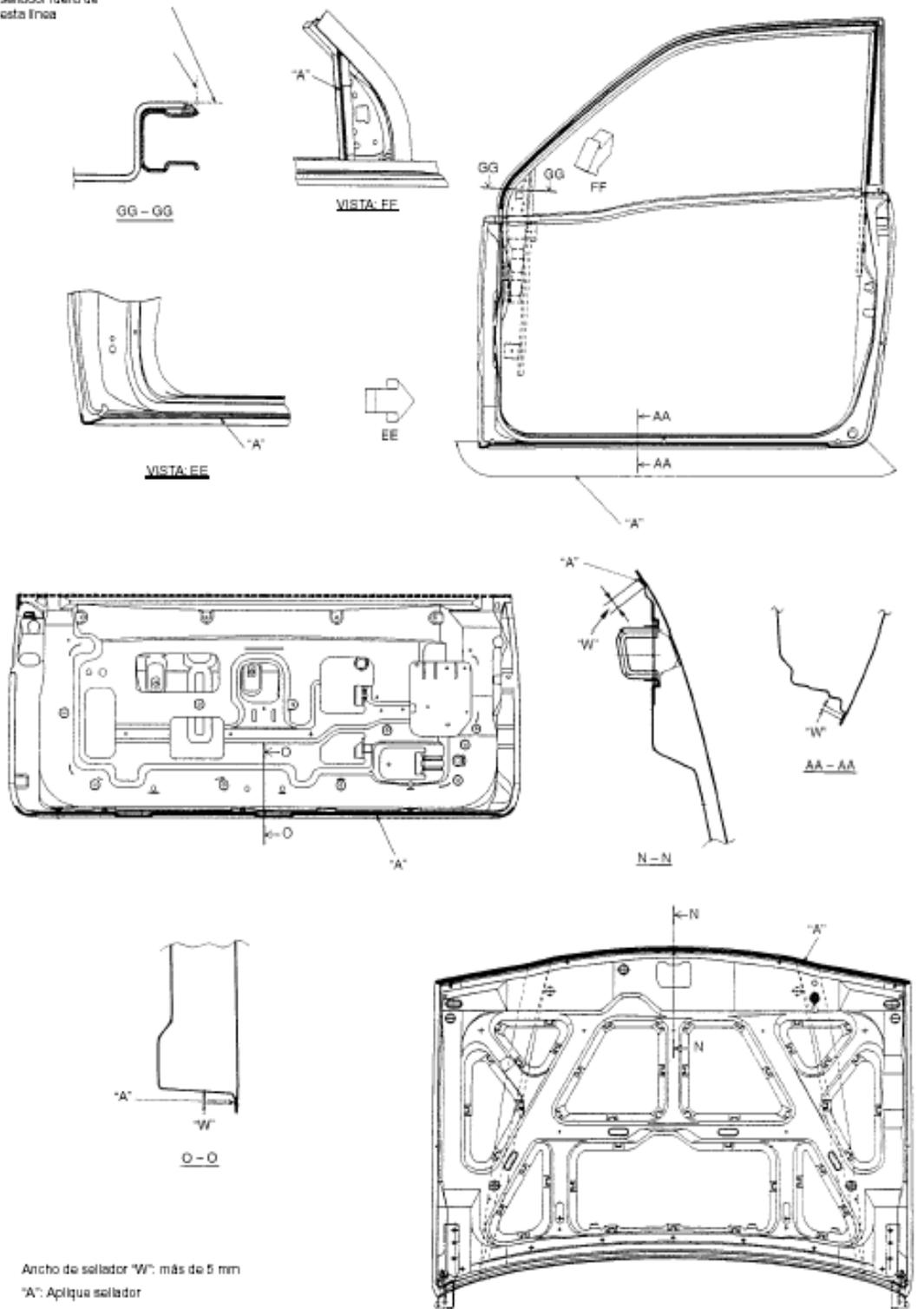
### PINTURA Y REVESTIMIENTO

#### TERMINACION DE LAS PIEZAS DE REPUESTO DE METAL SUPERFICIE DE APLICACION DE SELLADOR

Modelo con techo de lona

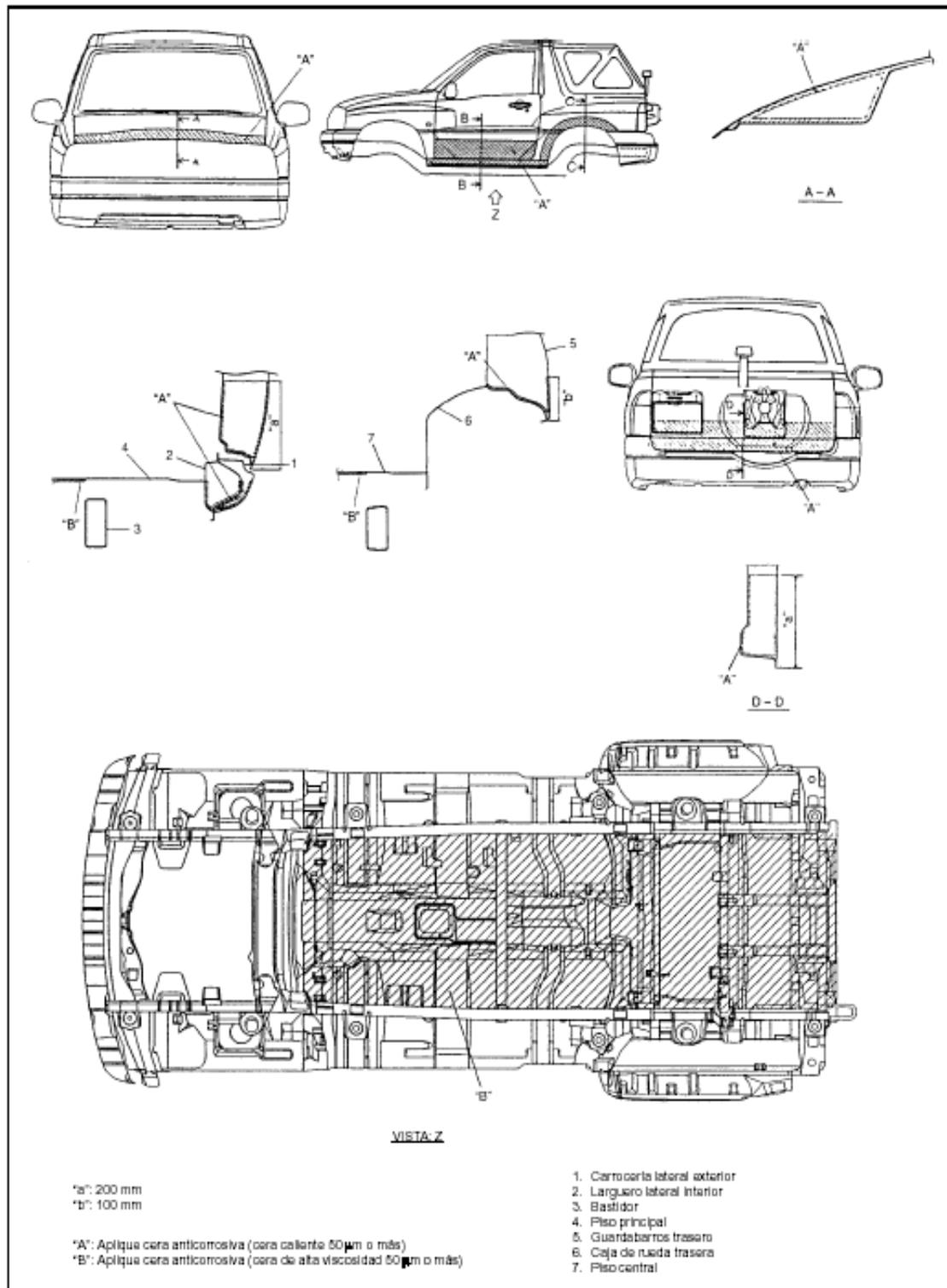


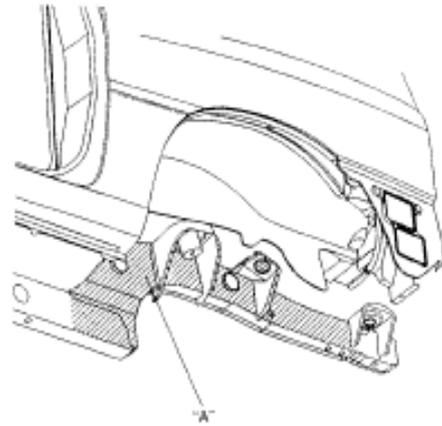
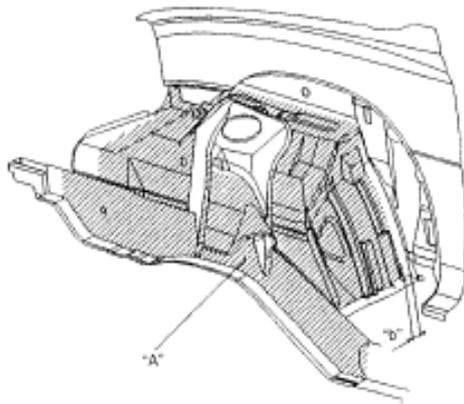
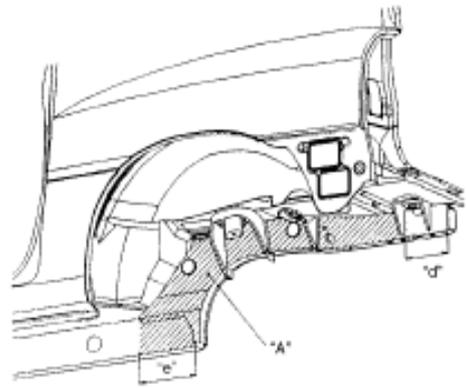
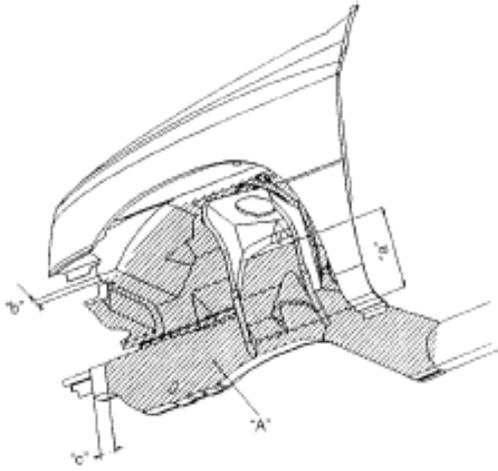
Libro de soldas de  
saldador fuera de  
esta línea



## SUPERFICIE DE APLICACION DE COMPUESTO ANTICORROSIVO/CAPA BASE

Modelo con techo de lona





"a": 240 mm  
 "b": 20 mm  
 "c": 40 mm  
 "d": 134 mm  
 "e": 177 mm

"A": Pintura negra

**Latacunga Junio 2005**

**ELABORADO POR**

.....  
**JUAN CARLOS ARANDA PAZMIÑO**

**EL SECRETARIO ACADEMICO**

.....  
**DR. MANUEL VASQUEZ**

**EL DECANO**

.....  
**ING. JUAN CASTRO**