

Ensayo climático costero natural para diferentes estructuras de aluminio lacado y anodizado

Candelaria González Prada y Rigoberto Marrero Águila.*

Laboratorio de Ensayos de Tropicalización, Carretera del Morro, kilómetro 2½, Cojímar, Habana del Este, Ciudad de La Habana. Correo electrónico: candelariago2000@yahoo.com.mx. *Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Avenida 114 No. 11901 entre 119 y 127, Marianao, Ciudad de La Habana, Código Postal 19390, Cuba. Correos electrónicos: rigo@quimica.cujae.edu.cu; rigmarrero@yahoo.com

Recibido: 21 de septiembre de 2007. Aceptado: 9 de junio de 2008.

Palabras clave: aluminio, anodizado, lacado, deterioro, corrosión.
Key words: aluminium, anodized, lacquered, damage, corrosion.

RESUMEN. Es conocido que la situación geográfica de la estación de ensayos naturales de Cojímar, situada en la Ciudad de la Habana y la variación de sus condiciones medioambientales con respecto al tiempo, dan lugar a que la acción atmosférica existente en dicha estación tenga una importante influencia en el comportamiento de muchos metales, en especial, el aluminio y los sistemas anodizados y lacados. El presente estudio tuvo como propósito evaluar la capacidad de resistencia que experimentan diferentes variantes de estructuras de aluminio lacado y anodizado de diferentes procedencias, bajo las condiciones de ensayos naturales. Las probetas, obtenidas a partir de perfiles de aluminio, procedentes de diferentes tecnologías de lacado y anodizado, fueron expuestas en el ambiente marino costero de la estación de ensayos de Cojímar, situada en el litoral norte de la Ciudad de La Habana. Estas probetas fueron cuidadosamente observadas a simple vista y con un pequeño aumento, después de varios meses de exposición y los espesores de los recubrimientos de lacado y de anodizado fueron medidos antes y después del ensayo. También se determinó el brillo de las superficies antes y después del ensayo. Las mayores afectaciones por corrosión tuvieron lugar en las probetas que fueron lacadas. Se destaca la importancia del espesor de la capa protectora y su grado de impermeabilización en la capacidad de protección del sistema de protección que sea aplicado sobre el aluminio, así como el grado de retención de polvo que experimenten las probetas. Entre los lacados, los de tonos más oscuros exhiben mayor resistencia y los anodizados experimentan menor pérdida de espesor durante el ensayo. Por otro lado, se comprobó que existe una adecuada correspondencia entre la pérdida de brillo y la observación visual de las probetas.

ABSTRACT. It is well-known that the geographical situation of the station of natural assays of Cojímar, located in the City of Havana in Cuba, and the variation of their environmental conditions with the time, provoke an important influence in the behavior of many metals, especially, the aluminum and the anodized and lacquered systems. The present study had the purpose of evaluate the resistance capacity that different variants of structures of anodized and lacquered aluminum of different origins, under the conditions of natural assays. The coupons, obtained through different anodized and lacquered technologies, were exposed at the coastal marine atmosphere of the assay station of Cojímar, located in the north coast of Havana City. The coupons were carefully observed at simple sight and with a small increase, after several months of exhibition and the thickness of their anodized and lacquered coat were measured before and after the assays. The gloss of the surfaces was also determined before and after the rehearsal. Bigger affectations were observed in lacquered coupons. The importance of the thickness of the protective layer and their impermeabilization grade in the protection capacity of the applied protection system on the aluminum was established, as well as the grade of powder retention of the coupons during the experiment. Among the lacquered coupons, those of darker tones exhibit bigger resistance and the anodized coupons experience smaller loss of thickness during the assays. It was observed a righth correspondence between the losses of gloss and the visual observation of the coupons.

INTRODUCCIÓN

El extenso uso del aluminio y sus aleaciones en la construcción de puertas, ventanas y sistemas de fachadas, ha sido fundamentalmente debido a la ligereza y a las facilidades para el conformado mecánico que caracterizan a este material. También resultan de gran interés los posibles tratamientos y acabados superficiales aplicables al aluminio, existentes en una amplia gama de colores y apariencias, que los diseñadores y arquitectos pueden utilizar.

Como consecuencia del gran número de estructuras de aluminio expuestas directamente a la intemperie, se han realizado numerosas investigaciones referentes a la degradación y desgaste atmosférico que tienen lugar en dicho material, a pesar de los diversos tratamientos superficiales que han sido desarrollados, siendo de estos tratamientos los más utilizados el lacado y el anodizado.

En términos generales, el procedimiento industrial para la obtención de los lacados^{1,2} consiste en una pre-

paración de la superficie de aluminio, la cual es desengrasada por aplicación de un agente de limpieza. Luego es tratada con una disolución de ácido crómico o fosfórico. Estos pasos garantizan una base de aproximadamente 1 μm de espesor, consistente en óxido de aluminio hidratado o fosfatos de aluminio y cromo para lograr una buena adherencia del revestimiento posterior. Posteriormente, el revestimiento se aplica en una o dos capas húmedas o secas por medio de un proceso de inmersión, revestimiento en continuo (*coil coating*) o por pulverización. En general, este revestimiento consiste en una dispersión de polímeros orgánicos y tiene un espesor entre 25 y 50 μm . Los pigmentos son sustancias cromóforas que son distribuidas en la capa de laca que se adhiere a la superficie del metal. El tratamiento térmico posterior (termolacado) endurece la capa y le da la necesaria adherencia a la superficie del metal.

Por otro lado, el proceso de anodizado se realiza industrialmente después de aplicar un procedimiento² de preparación de la superficie de aluminio que elimina la grasa y la capa de óxido con un agente desengrasante y decapante. Posteriormente, se anodiza, haciendo circular corriente continua por la pieza, la que funciona como ánodo de una electrolisis, que tiene lugar en una disolución compuesta esencialmente de ácido sulfúrico, con lo que se logra la formación de una capa de óxido sobre la superficie del metal. Esta capa presenta un sistema de poros que es integral con el aluminio. Luego, las sustancias cromóforas son depositadas y fijadas en la capa. En dependencia de las características que se desean en la capa superficial y el tono que se requiere se elige uno de los procesos siguientes:

- Anodizado en color (proceso integral).
- Coloreado electrolítico (proceso de dos etapas).
- Coloreado adsorbente o más bien químico (por inmersión o pulverización).
- Coloreado de combinación (coloreado Sandalor).

El colorante duradero o el agente mineral colorante consiste en un medio acuoso que se deposita sobre la superficie de la capa formada sobre el aluminio. Finalmente, esta capa de óxido se sella, lo que permite que el colorante quede fijo en la superficie del metal.

En el anodizado en color, este se forma durante el anodizado, bien por constituyentes de aleaciones especiales precipitados o por medio del control de determinados parámetros durante el paso de anodizado.

Las afectaciones que experimenta el aluminio, con y sin protección superficial, durante la exposición en diferentes condiciones de explotación, han despertado no sólo el interés de los que se dedican a los tratamientos superficiales, tales como el lacado y el anodizado, sino también, de los constructores que utilizan dicho material en sus diversas obras.

Recientemente,³ se destacó la influencia de los factores ambientales en la agresividad corrosiva de la estación de ensayos de Cojimar. Este estudio ha servido de base y orientación para el presente trabajo, cuyo objetivo consistió en evaluar las posibles afectaciones que pudieran tener lugar sobre probetas de aluminio tratadas con diferentes variantes de lacado y anodizado expuestas a las condiciones ambientales de la región costera de Cojimar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se utilizaron probetas representativas de perfiles de aluminio lacado y anodizado, obtenidos en distintas condiciones industriales, que

corresponden a seis variantes de empresas productoras diferentes (Tabla 1). Las dimensiones de las probetas fueron: entre 6 y 10 cm de ancho, entre 45 y 55 cm de largo y espesor entre 3 y 5 mm.

Las probetas fueron montadas en bancos de localización, colocadas a 45° con respecto a la horizontal y orientadas hacia el sur, según el convenio de exposición establecido.^{4,5}

Los datos medioambientales de humedad relativa y temperatura, fueron registrados en una estación de ensayo natural cercanas a la estación de ensayos naturales de Cojimar durante los meses de exposición, desde noviembre de 2005 hasta abril de 2006 (Tabla 2) y se tomaron de los reportes respectivos del Instituto de Meteorología.

Los principales contaminantes atmosféricos de la estación natural de ensayo, fueron determinados según la norma correspondiente⁶ (Tabla 3).

Es de señalar que el período en el cual se realizó el estudio corresponde al invierno, el que según estudios anteriores, comprende los meses de mayor agresividad corrosiva en Cuba.^{7,8}

En las probetas con sistemas de lacado, se realizó una incisión en la película superficial hasta llegar al metal base, con el fin de evaluar el comportamiento de estos sistemas cuando se producen defectos por rajaduras, impactos u otros daños mecánicos.⁹ La evaluación del aspecto de la superficie de las probetas, se realizó cada dos meses, basado en criterios establecidos para las pinturas y capas anódicas.⁹⁻¹¹ Se determinaron además el espesor de los recubrimientos y el brillo de las superficies con ángulo de incidencia de 60°, antes y después de la exposición a la condición de ensayo, utilizando los procedimientos establecidos.¹²⁻¹⁴

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mayores afectaciones se observaron en el lacado con respecto al anodizado (Tablas 4 y 5), lo cual se explica por las propias características que posee la capa de óxido de aluminio producida en un anodizado.^{2,10} Hay que señalar que la calidad del aluminio que se emplea para el lacado suele ser mucho más baja que para el anodizado, por lo que resulta aconsejable revisar la composición química de la aleación del aluminio base del lacado, para garantizar el mejor comportamiento de estos elementos constructivos cuando sean expuestos a la intemperie en ambientes con elevado grado de contaminación.

La gran concentración de iones cloruro en la atmósfera, combinado con cantidades importantes de dióxido de azufre y la elevada humedad relativa (Tablas 2 y 3), son las condiciones climatológicas principales que caracterizan la gran agresividad corrosiva de la estación de ensayo natural de Cojimar,³ lo cual sin dudas constituye la causa principal que determina la aparición de signos de desgaste y otras formas de deterioro en los sistemas de acabado superficial del aluminio en tan solo unos pocos meses de exposición. Los agentes contaminantes atmosféricos originan que la resina sintética del lacado pierda su efecto fijador y por consiguiente, los pigmentos emigran hacia la superficie de la capa, provocando deterioro y fallos que progresan rápidamente sobre las partes defectuosas de la película de pintura, tal y como se obtiene en la vecindad de las incisiones realizadas sobre las probetas con los sistemas de lacado. La presencia de los defectos en los bordes de las aristas de algunas de las probetas con sistemas de lacado, se atribuye a la carencia de revestimiento en dichos pun-

tos. Por tal motivo, el espesor de la película es un factor que influye en el comportamiento de estos sistemas. La adecuada capacidad de respuesta de un sistema de protección expuesto a la intemperie, depende del espesor y del grado de impermeabilidad que posea el sistema, lo cual podría explicar cómo algunas probetas de menor espesor mostraron adecuados resultados en las condiciones del ensayo realizado.

En general, se obtuvo que los tonos más oscuros de los lacados resultan menos afectados que los producidos en blanco. Sin embargo, con el sistema de lacado en blanco correspondiente a la probeta 10 de la variante 4, se obtuvo excepcionalmente, el mejor resultado.

La presencia del harinado en el anodizado, luego de ser expuesto en atmósferas industriales o marinas, ha sido asociada generalmente con su insuficiente resistencia a la abrasión.¹¹

Si se considera que en el anodizado decorativo una de las propiedades más importantes es la resistencia a la degradación atmosférica, deberá entonces comprenderse porque en ocasiones es necesario sacrificar en cierto grado la resistencia a la abrasión.¹¹

Tabla 1. Acabado superficial de las probetas procedentes de las seis variantes de empresas productoras.

Variante	Probeta	Acabado superficial
1	1	Anodizado inoxidable brillo
	2	Lacado RAL P1 5988/V
2	3	Lacado imitación madera
	4	Lacado blanco
	5	Anodizado azul
3	6	Lacado blanco
	7	Anodizado plata mate
4	8	Lacado acabado madera
	9	Lacado base oscura
	10	Lacado blanco
	11	Lacado blanco
	12	Inoxidable anodizado
5	13	Bronce anodizado
	14	Lacado RAL 6026
	15	Lacado blanco
	16	Lacado negro
	17	Lacado madera
6	18	Anodizado bronce
	19	Lacado blanco

La pérdida de espesor de las capas de lacados resultó superior a la de las capas de anodizado (Tablas 6 y 7), lo que se correspondió con los resultados correspondientes a la determinación del espesor previo y posterior al período de ensayo.

La superior capacidad de resistencia a la abrasión que posee el anodizado con respecto al lacado, explica los resultados correspondientes a la variación del espesor, entre el período previo y posterior al ensayo natural.

Los cambios en el aspecto superficial de las probetas (Tablas 4 y 5) se correspondieron bien con los observados en el brillo. Se pudo constatar que los lacados son mucho más sensibles a la pérdida del lustre que los anodizados.

En los sistemas lacados y anodizados, antes y después de la exposición en las condiciones naturales del ensayo, se pudo observar (Tablas 8 y 9) que los tres casos de imitación de madera experimentaron muy poca variación en el brillo, lo que coincidió con los casos que retenían menor contenido de polvo atmosférico.

CONCLUSIONES

Los defectos y el deterioro observado en probetas de aluminio supuestamente bien protegidas con sistemas de lacado y anodizado en pocos meses de exposición en la estación de ensayos naturales de Cojimar con un ambiente marino costero confirman la extrema agresividad corrosiva de este tipo de atmósfera. De cualquier modo, un ensayo natural por un período de exposición más prolongado, que se realice en paralelo con la experiencia que se tenga del comportamiento de estos sistemas en condiciones propias de servicio, podría arrojar resultados más reproducibles. En este sentido, también es aconsejable evaluar la influencia del pre-tratamiento de la superficie del aluminio en la capacidad de resistencia de los sistemas lacados en condiciones de intemperismo.

El estudio realizado ha permitido destacar las principales diferencias en el comportamiento de los sistemas lacados y anodizados aplicados sobre aluminio bajo condiciones naturales de extrema agresividad y ha evidenciado que la degradación de la capa anódica es algo menor que la degradación del revestimiento polimérico.

Aunque el estudio abarcó un período de exposición breve, se considera que los resultados revelan la importancia del control de las operaciones tecnológicas de

Tabla 2. Variables medioambientales de la estación de Cojimar en el período de ensayo.

Período	Temperatura			Humedad relativa		
	Media	Máxima (°C)	Mínima	Media	Máxima (%)	Mínima
Noviembre, 2005	26,9	37,8	20,8	86,5	93,4	64,9
Diciembre, 2005	23,4	32,5	19,2	78,6	90,9	61,8
Enero, 2006	22,6	29,9	16,8	73,9	90,8	59,9
Febrero, 2006	24,0	34,8	17,1	75,2	93,0	60,5
Marzo, 2006	25,3	35,2	19,9	72,3	95,2	61,4
Abril, 2006	26,4	35,9	20,2	70,9	92,0	60,6

Tabla 3. Concentración de los principales contaminantes atmosféricos en la estación de ensayos naturales de Cojimar, durante el período de noviembre de 2005 a abril de 2006.

Valores promedio de deposición de los contaminantes principales	
Cl ⁻ (mg/m ² · d)	SO ₂ (mg/m ² · d)
295,7	32,8

Tabla 4. Resultados de los principales deterioros observados en los sistemas de revestimiento del aluminio (lacado de las seis variantes) durante el período de exposición.

Probeta y aspecto inicial	Deterioro y defectos del lacado Período de exposición		
	Noviembre - diciembre de 2005	Enero - febrero de 2006	Marzo - abril de 2006
2. RAL P1 5988/V	Empañado o moteado superficial, tras la eliminación del polvo.	Mejor definición de la pérdida del lustre y ligero aspecto gredoso.	Se mantienen estables las afectaciones descritas.
3. Imitación a madera (mate)	Escaso polvo superficial y sin afectaciones visibles	Escaso moteado superficial visible a cierto ángulo de la luz.	Se mantienen estables afectaciones anteriores.
4. Blanco (brillo apreciable)	Moteado. Visible escamado, (aumento x 10) en arista y en incisión.	Descamado más definido, con avance de hasta 1 mm .	Pérdida de lustre y descamado. Grietas en dirección de incisión (aumento x 10).
6. Blanco (brillo muy definido)	Sin pérdida visible del lustre ni otras afectaciones.	Signos de empañamiento, sin afectar lustre de la superficie.	Aspecto gredoso en la vecindad de la incisión. No descamación con aumento x 10.
8. Acabado madera (Semi mate)	Sin afectación visible por simple inspección	Escaso moteado o empañamiento, tras la limpieza del polvo.	Ligero aspecto, pero no definido ni con el aumento x 10
9. Base oscura (semi mate)	Sin afectación visible por simple inspección.	Empañado visible a cierto ángulo de la luz del día.	Estables afectaciones iniciadas sin otros defectos visibles.
10. Blanco (muy definido brillo)	Sin pérdida del lustre ni otro defecto.	Rasgado del revestimiento, no descamación ni perforaciones.	No afectaciones en dirección de la incisión practicada.
11. Blanco (apreciable brillo)	Sin pérdida visible del lustre por simple inspección. Punto agrietado en la vecindad de la incisión.	Aspecto gredoso en centro de la probeta, con signos de ampollamiento.	Con aumento x 10 penetración de las cavidades próximas y menos próximas a la incisión practicada.
14. RAL 6026 (apreciable brillo)	Pérdida de pigmento tras la limpieza del polvo. Empañado.	Gredosidad en dirección de la incisión. Descamados.	Se definen mejor los fallos iniciados.
15. Blanco (apreciable brillo)	Pérdida del lustre. Definido descamado en las aristas e incisiones.	Descamación visible. Ampollamiento cerca de la incisión.	Levantamiento de la película en el área afectada.
16. Negro (ligero brillo)	Pérdida del lustre y cierto aspecto gredoso.	Mejor definición de las afectaciones iniciadas.	Definido punto descamado en aristas.
17. Acabado madera (mate)	Sin afectación visible.	Aspecto gredoso que define dos puntos descamado en la vecindad de la incisión.	Se mantienen estable las afectaciones iniciadas.
19. Blanco (apreciable brillo)	Ligero empañamiento visible a cierto ángulo de observación.	Ampollamiento y aspecto gredoso, próximos al área de incisión.	Localización de cierto grado de descamado en la vecindad de las aristas.

Tabla 5. Resultados de los principales defectos observados en el anodizado de las variantes estudiadas durante el período de exposición.

Probeta y aspecto inicial	Deterioro y defectos del anodizado Período de exposición		
	Noviembre - diciembre de 2005	Enero - febrero de 2006	Marzo - abril de 2006
1. Inoxidable brillo (brillo muy definido)	Sin afectación visible. Escaso depósito de polvo sedimentado.	Sin afectación.	Sin afectación.
5. Azul (mate) Área afectada por remoción o desbastado	Sin afectación visible. Escaso depósito de polvo sedimentado.	Harinado localizado, dos cavidades visibles aumento x 10 en la superficie.	Mejor definición de los defectos iniciados.
7. Plata (mate)	Sin afectación visible. Escaso depósito de polvo sedimentado.	Definida cavidad en una de las aristas.	No defectos destacar.
7 A. Plata (mate)	Cavidades visibles en los bordes.	Las cavidades en un área significativa con aumento x 10.	Se definen, cavidades por inspección visual y sustrato afectado .
12. Inoxidable (semi mate)	Muy escaso polvo sedimentado sin afectación visible.	Visible empañado de la superficie en cierto ángulo de la luz.	Definido harinado en próximo a aristas.
13. Bronce (apreciable brillo)	Muy escaso polvo sedimentado sin afectación visible.	Signos de empañamiento a cierto ángulo de la luz.	Localizados rasgos de rayado superficial con aumento x 10.
18. Bronce (mate)	Escaso polvo, sin afectación visible.	Sin afectación a destacar.	Signos de harinado en área significativa.

Variante 1: probetas 1 y 2. Variante 2: probetas 3, 4 y 5. Variante 3: probetas 6 y 7. Variante 4: probetas 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14. Variante 5: probetas 15, 16, 17. Variante 6: probetas 18 y 19.

Tabla 6. Espesor de los sistemas lacados.

Probeta	Valor medio (μm)	
	Previo al ensayo	Posterior al ensayo
2	134	123
3	81,3	76,9
4	139,0	119,1
6	108,0	95,8
8	135,0	126,2
9	90,3	84,6
10	91,0	87,7
11	133,0	127,0
14	102	93,5
15	87,7	70,1
16	78,9	73,8
17	82,9	74,3
19	93,1	76,8

Tabla 8. Magnitud del brillo para el sistema lacado, previo y posterior al ensayo natural en la estación de Cojimar.

Probeta	Valor medio a 60° (UB)	
	Previo al ensayo	Posterior al ensayo
2	16,9	7,4
3	11,7	10,4
4	80,6	67,8
6	95,4	91,7
8	14,9	16,2
9	15,3	11,4
10	92,8	87,6
11	92,4	79,7
14	82,2	73,6
15	90,4	75,9
16	80,4	72,2
17	12,8	11,5
19	85,4	73,2

los procesos de lacado y anodizado, en el posterior comportamiento de estos sistemas, en especial, de los que serán destinados a soportar condiciones climáticas extremas.

Los resultados pueden orientar a arquitectos, constructores y a otros usuarios en la necesidad de realizar limpiezas periódicas en las estructuras de puertas, ventanas y fachadas de aluminio, sobre todo, si son sistemas de lacado, aunque aparenten tener un buen aspecto, debido a la influencia que ejerce el polvo atmosférico depositado en las superficies en el deterioro de los sistemas de lacado aplicados.

BIBLIOGRAFIA

- Morcillo M. Curso Básico de Pinturas Anticorrosivas. Instituto Español de Corrosión y Protección. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Madrid, 1989.
- González J.A. Teoría y Práctica de la Lucha contra la Corrosión. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Madrid, 461-480, 1984.
- González C. y Marrero R. Factores ambientales y su influencia en la agresividad corrosiva de la estación de ensayos

Tabla 7. Espesor de los sistemas anodizados, previo y posterior al ensayo natural en la estación de Cojimar.

Probeta	Valor medio (μm)	
	Previo al ensayo	Posterior al ensayo
1	20,0	19,6
5	18,2	16,5
7	13,8	11,8
12	23,4	22,9
13	18,9	15,8
18	20,7	16,8

Tabla 9. Valores del brillo para el sistema anodizado, previo y posterior a la exposición del ensayo natural.

Probeta	Valor medio a 60° (UB)	
	Previo al ensayo	Posterior al ensayo
1	88,0	75,8
5	6,4	6,9
7	7,8	7,5
12	13,0	10,3
13	57,1	48,1
18	6,2	4,3

de Cojimar. **Revista CENIC Ciencias Químicas**, **36**, 181, 2005.

- Antonio R. Mendoza and Francisco Corvo Outdoor and indoor atmospheric corrosion of carbon steel. **Corrosion Science**, **41**, 75-86, 1999.
- ISO 2810:74 Paints and varnishes. Notes for guidance on the conduct of natural weathering test.
- ISO 9225:82 Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Measurement of pollution.
- Programa Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte 1. Mapas de Iberoamérica de Corrosividad Atmosférica. Proyecto MICAT. XV. CYTED. 1998.
- Gómez J.L. Estudio corrosivo sobre cuatro metales en estaciones cubanas del proyecto MICAT. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Centro de Investigaciones del Petróleo, Ministerio de la Industria Básica, Ciudad de La Habana, Cuba, 2000.
- Feliú S. Protección y corrosión de metales en la atmósfera. Ediciones Bellaterra, Barcelona, España, 1982.
- UNE 48 258-1-2-4 y -5:97 Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos de pinturas.
- Gazapo Alcoa J.L. Influencia de las condiciones de anodizado en específicas propiedades de las capas anódicas. Tercera jornada anodizado en el nuevo milenio. Editorial ASESAN. **Revista Aluminio Anodizado**, España, mayo, 2001.
- UNE 38021:97 Anodización del aluminio y sus aleaciones. Medida de la reflectancia especular y del brillo especular.
- ISO 2813:99 Paints and varnishes. Determination of specular gloss of non-metallic paint films.
- ISO 2360:2003 Non-conductive coatings on non-magnetic electrically conductive basis materials- measurement of coating thickness -Amplitude -sensitive eddy current method.