



**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

**FEBRERO 2017
REVISA Y SUSTITUYE A LA
EDICIÓN DE MAYO 2015**

MÉXICO

P R E F A C I O

Esta **especificación** ha sido elaborada de acuerdo con las Bases Generales para la Normalización en CFE. La propuesta de revisión fue preparada por la **Subdirección de Generación**.

Revisaron y aprobaron la presente **especificación** las áreas siguientes:

GERENCIA DE LAPEM

SUBDIRECCIÓN DE GENERACIÓN

El presente documento normalizado entra en vigor a partir de la fecha abajo indicada y será actualizado y revisado tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación del mismo. Dichas observaciones deben enviarse a la Gerencia de **LAPEM**, cuyo Departamento de Normalización coordinará la revisión.

Esta **especificación** revisa y sustituye a la edición de mayo de 2015 y a todos los documentos normalizados de CFE relacionados con guía para la selección y aplicación de recubrimientos anticorrosivos que se hayan publicado.

AUTORIZO:



ING. ALBERTO ALEJANDRO MONTOYA VARGAS
ENCARGADO DE LA GERENCIA DEL LAPEM

NOTA: Entra en vigor a partir de: **170407**

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------------

CONTENIDO

1	OBJETIVO	1
2	CAMPO DE APLICACIÓN	1
3	NORMAS QUE APLICAN	1
4	DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN	4
4.1	Definiciones	4
4.2	Clasificación	11
5	CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES	13
5.1	Condiciones de Exposición	13
5.2	Preparación de Superficies	14
5.3	Aplicación de Recubrimientos	42
6	CONDICIONES DE OPERACIÓN	57
7	CONDICIONES DE DESARROLLO SUSTENTABLE	57
7.1	Generalidades	57
7.2	Procedimiento	57
8	CONDICIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	58
9	CONTROL DE CALIDAD	59
9.1	Generalidades	59
9.2	Control de Calidad del Producto	59
9.3	Control de Calidad en la Aplicación de Sistemas de Recubrimientos	59
9.4	Supervisión Posterior Periódica	76
10	MARCADO	77
11	EMPAQUE, EMBALAJE, EMBARQUE, TRANSPORTACIÓN, DESCARGA, RECEPCIÓN ALMACENAJE Y MANEJO	77
12	BIBLIOGRAFÍA	94
	TABLA 1-Condiciones de exposición	13
	TABLA 2-Procedimientos de limpieza y preparación de superficie	14
	TABLA 3-Toxicidad de los solventes recomendados para la limpieza de superficies	17
	TABLA 4-Materiales recomendados en la preparación con abrasivos a presión	29
	FIGURA 1-Clasificación de las zonas climáticas de la República Mexicana	10
	FIGURA 2-Equipo recomendado para preparación de superficies con abrasivos a presión (chorro de arena)	32
	FIGURA 3-Clasificación de la prueba de adherencia por el método "B"	66
	FIGURA 4-Ampollas	70

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	ESPECIFICACIÓN CFE D8500-01
--	--

FIGURA 5-Arrugamiento	70
FIGURA 6-CUARTEADURAS	70
FIGURA 7-Cráteres	71
FIGURA 8-Decoloración	71
FIGURA 9-Desprendimiento	71
FIGURA 10-Escurrimiento	72
FIGURA 11-Grietas	72
FIGURA 12-Herrumbre	72
FIGURA 13-Manchado	73
FIGURA 14-Ojo de pescado	73
FIGURA 15-Puntos de medición de tuberías	74
TABLA 1-Condiciones de exposición	13
TABLA 2-Procedimientos de limpieza y preparación de superficie	14
TABLA 3-Toxicidad de los solventes recomendados para la limpieza de superficies	17
TABLA 4-Materiales recomendados en la preparación con abrasivos a presión	29
TABLA 6-Procedimiento de aplicación de recubrimientos	42
TABLA 7-Equipo utilizado en la aplicación de recubrimientos por aspersion con aire	52
TABLA 8-Equipo utilizado en la aplicación de recubrimientos por aspersion sin aire	55
TABLA 9A-Tensión de prueba del detector de poros de acuerdo al espesor del recubrimiento	63
TABLA 9-Cálculo del espesor húmedo a partir del porcentaje de sólidos en volumen y del espesor seco	64
TABLA 10-Clasificación de la prueba de adherencia	65
TABLA 11-Fallas en los recubrimientos, causas y recomendaciones para corregirlas	67
TABLA 12-Recomendaciones de sistemas para superficies de acero al carbón o hierro fundido	78
TABLA 13-Recomendaciones de sistemas de protección para superficies de acero galvanizado	87
TABLA 14-Recomendaciones de sistemas para superficies de concreto, yeso y aplanado	90
APÉNDICE A ZONAS CLIMÁTICAS Y CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	95
APÉNDICE B REGISTRO PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE RECUBRIMIENTOS	100
APÉNDICE C INFORME DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	102
APÉNDICE D INFORME DE SUPERVISIÓN PERIÓDICA DE SISTEMAS DE RECUBRIMIENTO	103

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

1 OBJETIVO

Establecer la adecuada selección, preparación de superficies y aplicación de los recubrimientos anticorrosivos en las instalaciones y equipos de CFE, considerando la seguridad y economía.

2 CAMPO DE APLICACIÓN

Se aplica cuando se adquieren recubrimientos anticorrosivos que deben utilizarse en instalaciones y equipos de acero al carbón, hierro fundido, acero galvanizado, aluminio, concreto y aplanado de yeso que requiera el recubrimiento.

Es un soporte técnico que se anexa a las bases de la licitación y al contrato.

3 NORMAS QUE APLICAN

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-001-SEMARNAT-1996

Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.

NOM-001-STPS-2008

Edificios, Locales, Instalaciones y Áreas en los Centros de Trabajo-Condiciones de Seguridad.

NOM-002- SEMARNAT-1996

Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Agua Residuales a los Sistemas de Alcantarillado.

NOM-003-SCT-2008

Características de las Etiquetas de Envases y Embalajes Destinadas al Transporte de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-004-SCT-2008

Sistema de Identificación de Unidades Destinadas al Transporte de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-005-SCT-2008

Información de Emergencia para el Transporte Terrestre de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-006-STPS-2000

Manejo y Almacenamiento de Materiales-Condiciones y Procedimientos de Seguridad.

NOM-007-SCT2-2010

Marcado de Envases y Embalajes Destinados al Transporte de Sustancias y Residuos Peligrosos.

NOM-008-SCFI-2002

Sistema General de Unidades de Medida.

NOM-010-SCT2-2009

Disposiciones de Compatibilidad y Segregación para el Almacenamiento y Transporte de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

NOM-011-SCT2-1994	Condiciones para el Transporte de las Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos en Cantidades Limitadas.
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Genere Ruido.
NOM-017-STPS-2008	Equipo de Protección Personal-Selección, Uso y Manejo en los Centros de Trabajo.
NOM-018-STPS-2000	Sistema para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo.
NOM-019-SCT2-2004	Disposiciones Generales para la Limpieza y Control de Remanentes de Sustancias y Residuos Peligrosos en las Unidades que Transportan Materiales y Residuos Peligrosos.
NOM-028-SCT2-2010	Disposiciones Especiales y Generales para el Transporte de las Substancias, Materiales y Residuos Peligrosos de la Clase 3 Líquidos Inflamables.
NOM-030-STPS-2009	Servicios Preventivos de Seguridad y Salud en el Trabajo, Funciones y Actividades.
NOM-043-SCT-2003	Documento de Embarque de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.
NOM-047-SSA1-1993	Que Establece los Límites Biológicos Máximos Permisibles de Disolventes Orgánicos en el Personal Ocupacionalmente Expuesto.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que Establece las Características, el Procedimiento de Identificación, Clasificación y los Listados de los Residuos Peligrosos.
NOM-053-SEMARNAT-1993	Que Establece el Procedimiento para Llevar a Cabo la Prueba de Extracción para Determinar los Constituyentes que hacen a un Residuo Peligroso por su Toxicidad al Ambiente.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Que Establece el Procedimiento para Determinar la Incompatibilidad entre Dos o Más Residuos Considerados Como Peligrosos por la Norma Oficial Mexicana Nom-052-Ecol-1993.
NOM-055-SEMARNAT- 2003	Que Establece los Requisitos que deben Reunir los Sitios que se Destinarán para un Confinamiento Controlado de Residuos Peligrosos Previamente Estabilizados.
NOM-104-STPS-2001	Agentes Extinguidores-Polvo Químico Seco Tipo ABC a Base de Fosfato Mono Amónico.

NOM-113-STPS-2009	Seguridad-Equipo de Protección Personal-Calzado de Protección-Clasificación, Especificaciones y Métodos de Prueba.
NOM-115-STPS-2009	Seguridad-Equipo de Protección Personal-Cascos de Protección-Clasificación, Especificaciones y Métodos de Prueba.
NOM-116-STPS-2009	Seguridad-Equipo de Protección Personal-Respiradores Purificadores de Aire de Presión Negativa Contra Partículas Nocivas-Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-B-231-1990	Cribas para la Clasificación de Materiales Granulares.
NMX-U-001-SCFI-2011	Recubrimientos, Pinturas, Barnices y Productos Afines-Términos y Definiciones.
NMX-U-040-SCFI-2010	Recubrimientos, Pinturas, Barnices y Productos Afines-Muestreo.
ISO 4624-2002	Paints and Varnishes -- Pull-off Test for Adhesion.
ISO 8501-1-2007	Preparation of Steel Substrates before Application of Paints and Related Products-Visual Assessment of Surface Cleanliness-Part 1: Rust Grades and Preparation Grades of Uncoated Steel Substrates and of Steel Substrates After Overall Removal of Previous Coatings.
CFE 8H341-02-2015	Cascos de Protección.
CFE D8500-02-2016	Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE H0000-09-1987	Monogafas.
CFE H0000-16-1997	Guantes de Cuero y Carnaza.
CFE H0000-33-1990	Equipo de Protección Respiratoria (Mascarilla).
CFE H1000-26-2016	Señales de Seguridad.
CFE H1000-22-2016	Calzado de Protección -Materiales, Especificaciones y Métodos de Prueba.
CFE H1000-17-2015	Guantes de Protección Contra Sustancias Químicas.
CFE L0000-15-2012	Colores Normalizados.
CFE L1000-11-2015	Empaque, Embalaje, Embarque, Transporte, Descarga, Recepción y Almacenamiento de Bienes Muebles Adquiridos por CFE.

NOTA: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados, debe tomarse en cuenta la edición en vigor en la fecha de la convocatoria de la licitación, salvo que la CFE indique otra cosa.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

4 DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

4.1 Definiciones

Para efectos de esta especificación se establecen las definiciones siguientes, de ser necesario consultar la norma NMX-U-001-SCFI para otras definiciones:

4.1.1 Acabado

Es la capa o capas final(es) de recubrimiento con propiedades de resistencia al ambiente y sellado del primario o intermedio y que cumpla con funciones estéticas.

4.1.2 Adhesión

Es la tendencia de un recubrimiento a permanecer unido a una superficie.

4.1.3 Agua Cruda

Es el agua proveniente de pozo, río, lago o laguna sin tratamiento alguno.

4.1.4 Ambiente

Son las condiciones de exposición a las que están sometidas las superficies por recubrir.

4.1.5 Ambiente industrial

El ambiente industrial y urbano se consideran junto y es cuando la concentración media de NaCl se mantiene inferior a 15 mg/m² día, pero la concentración de SO₂ adquiere valores medios superiores a 15 mg/m² día.

4.1.6 Ambiente marino

Es cuando la concentración de NaCl es superior a 15 mg/m² día, independientemente de la concentración que alcance el SO₂.

4.1.7 Ambiente rural

Es cuando las concentraciones medias de SO₂ y NaCl son inferiores a 15 mg/m² día.

4.1.8 Caleo

Término que se refiere al polvo, producto de la degradación del recubrimiento epóxico por efecto de los rayos ultravioleta.

4.1.9 Condiciones de exposición

Es el conjunto de características físicas y químicas a las que está sujeta una superficie a recubrir.

4.1.10 Componente volátil

Es la parte del recubrimiento que se evapora y que proporciona fluidez al mismo.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

4.1.11 CRETIB

Corresponde a las siglas: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico infeccioso.

4.1.12 Corrosión

Es el deterioro de un material (generalmente un metal) o de sus propiedades debido a la interacción con su ambiente, por medio de una reacción electroquímica.

4.1.13 Detector de poros

Es el instrumento utilizado para localizar discontinuidades en las capas secas de los recubrimientos.

4.1.14 Disposición final

Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente (sitios de confinamiento controlado).

4.1.15 Elementos operacionales

Son los constituyentes de los diferentes equipos y obras civiles, por ejemplo: tuberías, tableros, válvulas, estructuras y barandales.

4.1.16 Equipos

Son los principales constituyentes de una central generadora, por ejemplo: turbina, generador, transformadores, grúas y bombas.

4.1.17 Escama de laminación

Es la capa de óxidos, formada en una superficie metálica durante su fabricación y que puede presentarse en dos formas:

- a) Fuertemente adherida.
- b) Suelta.

4.1.18 Espesor húmedo

Es el espesor de la capa de recubrimiento inmediatamente después de aplicado.

4.1.19 Espesor seco

Es el espesor de la capa del recubrimiento que permanece en la superficie una vez alcanzado su secado duro.

4.1.20 Escarificado

Dar perfil de anclaje al concreto por medios mecánicos.

4.1.21 Exteriores**4.1.21.1 Exteriores de equipo**

Es la superficie externa de un equipo.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

4.1.21.2 Exteriores en condiciones de exposición

Es la superficie expuesta a la intemperie.

4.1.22 Ignífugo

Recubrimiento protector contra el fuego.

4.1.23 Inhibidor de corrosión

Es la sustancia que atenúa o controla la acción de la corrosión.

4.1.24 Inhibidor fase-vapor

Es un compuesto orgánico que agregado al ambiente se vaporiza controlando y reduciendo la acción de la corrosión en las superficies metálicas.

4.1.25 Inmersión

Son las condiciones de exposición de las superficies que están en contacto continuo con un líquido.

4.1.26 Interiores**4.1.26.1 Interiores de equipo**

Es la superficie interna de un equipo.

4.1.26.2 Interiores en condiciones de exposición

Es la superficie no expuesta a la intemperie.

4.1.27 Intermedio

Es el recubrimiento que sirve de enlace entre el primario y el acabado, pudiendo cumplir además la función de incrementar el espesor del sistema.

4.1.28 Inspección

Es una fase de control de calidad en la que mediante un examen, observación o medida se determina la conformidad del sistema de recubrimiento anticorrosivo durante la fabricación del producto y aplicación de acuerdo con requisitos de calidad preestablecidos.

4.1.29 Limpieza de superficies

Es la remoción de grasas, aceite y polvos de la superficie por recubrir.

4.1.30 Lote de producto

Es el producido en una sola preparación en fábrica.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

4.1.31 Materiales peligrosos

Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas.

4.1.32 Niveles de control de calidad

Es la clasificación que se le otorga a un equipo o producto de acuerdo con sus características de operación, seguridad, dimensiones y mantenimiento, siendo el número 1 para los más importantes y 4 para los menos importantes.

4.1.33 Obra civil

Son las construcciones de una central generadora que soportan, fijan o contienen los equipos y sistemas operacionales, por ejemplo: cortina, obra de toma, casa de máquinas, almacenes, estructuras en general, cimentaciones, edificios y accesos.

4.1.34 Perfil de anclaje

Es la rugosidad de la superficie que permite la adherencia apropiada del recubrimiento anticorrosivo.

4.1.35 Pigmento

Es el componente de un recubrimiento formado por partículas sólidas y finas que le proporcionan algunas de sus características físicas y/o químicas requeridas.

4.1.36 Pintura

Es un recubrimiento que se utiliza para fines estéticos, generalmente su espesor es menor de 50 µm.

4.1.37 Poros

Son las discontinuidades en las capas secas de los recubrimientos.

4.1.38 Primario

Es la capa o capas de recubrimiento con propiedades de adhesión y compatibilidad tanto con las superficies, así como con las capas subsecuentes y generalmente con acción inhibitoria de la corrosión.

4.1.39 Protección en fábrica

Es la protección que se da a las superficies recién fabricadas para su almacenamiento, transporte y montaje.

4.1.40 Protección de mantenimiento

Es la aplicación o retoque de recubrimiento a los equipos, sistemas operacionales e instalaciones en servicio que previamente se han recubierto.

4.1.41 Protección en montaje

Es la aplicación de recubrimiento que se da a los equipos, sistemas operacionales y obra civil antes, durante o al término de su instalación.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

4.1.42 Punto de espera

Es cada etapa durante la fabricación de una unidad de producto en que un supervisor debe estar presente, para atestiguar el proceso.

4.1.43 Punto de rocío

Es la temperatura a la cual se inicia la condensación de la humedad del aire.

4.1.44 Recubrimiento anticorrosivo

Es un material que se aplica sobre una superficie, con la finalidad de protegerla de la acción de la corrosión, aislándola del ambiente en que se encuentra y cuyo espesor es menor de 1 000 μm .

4.1.45 Recubrimiento antivegetativo

Es el recubrimiento utilizado en ambientes propicios al desarrollo de organismos vivos nocivos a las instalaciones.

4.1.46 Rendimiento teórico

Es el área en m^2 que se cubre con 1 dm^3 de recubrimiento anticorrosivo, a un espesor seco a 25.4 μm sin considerar mermas.

4.1.47 Resistividad

Es la resistencia específica de un material en Ωm que se determina sobre una muestra del mismo que tenga 1 m de longitud y 1 m^2 de sección transversal.

4.1.48 Residuo

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita utilizarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

4.1.49 Residuo peligroso

Es todo aquel residuo en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representa un peligro para el equilibrio ecológico o para el ambiente.

4.1.50 Revestimiento

Es el recubrimiento anticorrosivo de un espesor seco mayor a 1 000 μm .

4.1.51 Secado duro

Se llama secado duro, cuando al ejercer la máxima presión del brazo con el dedo pulgar sobre un punto determinado de superficie recubierta, se hace un giro de 90 ° sin separar el dedo, la película no sufre deformación.

4.1.52 Sistemas operacionales

Conjunto de equipos y elementos que se diseñan para realizar una función necesaria en la operación de la central hidroeléctrica y protección de personal y equipo.

4.1.53 Sistema de recubrimiento anticorrosivo

Es aquel formado por:

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- a) Preparación de superficies.
- b) Una o más capas de recubrimiento anticorrosivo que pueden ser, primario, intermedio y acabado según lo especificado.
- c) La aplicación de dichas capas de recubrimiento.

4.1.54 Secuestrante de oxígeno

Sustancia que reacciona con el oxígeno disuelto en el agua.

4.1.55 Solvente (desengrasante)

Líquido empleado para disolver grasas y aceites adheridos al sustrato.

4.1.56 Sustancias contaminantes (en una superficie)

Es cualquier sustancia extraña a la superficie tales como: sales, polvos, aceite, grasa, suciedad, óxidos, escamas de laminación o agua.

4.1.57 Sustrato

Superficie donde se aplica un recubrimiento anticorrosivo.

4.1.58 Superficies sujetas a tránsito

Se refiere a lugares que sufren abrasión, ocasionada por la circulación de personal o equipo.

4.1.59 Vehículo

Es la porción líquida de un recubrimiento que contiene resinas, componentes volátiles, aditivos y algunos componentes inertes.

4.1.60 Viscosidad

Es la propiedad física de líquidos y gases que mide su facilidad de fluidez.

4.1.61 Volumen de sólidos

Es el volumen ocupado por la parte no volátil del recubrimiento, expresado en por ciento.

4.1.62 Zona climática

Es la agrupación de zonas conforme a condiciones meteorológicas similares. Está basada en el sistema implementado por "Köppen" y modificado por E. García en 1964, para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana, (véase figura 1).

4.1.62.1 Zona climática cálido húmedo (Af)

Se refiere a zonas con clima tropical, con temperatura media mayor de 26 °C en verano y de (22 a 26) °C en invierno. Tiene lluvias todo el año con precipitaciones pluviales de (2 000 a 4 000) mm en invierno y mayores a 4 000 mm en verano.

4.1.62.2 Zona climática cálido subhúmedo (Aw)

Se refiere a zonas con clima tropical, con temperatura media mayor de 26 °C en verano y (22 a 26) °C en invierno. Tienen lluvias todo el año o en una estación, con precipitaciones pluviales de (600 a 1 000) mm en invierno y de (1 000 a 2 000) mm en verano.

4.1.62.3 Zona climática árido seco (Bs)

Son zonas con poca lluvia, con precipitaciones pluviales anuales de (300 a 600) mm y con temperaturas medias de (18 a 22) °C en verano y de (10 a 18) °C en invierno.

4.1.62.4 Zona climática árido muy seco (Bw)

Son zonas con escasa lluvia, con precipitaciones pluviales anuales menores de 100 mm y con temperaturas medias de (18 a 22) °C en verano y de (10 a 18) °C en invierno.

4.1.62.5 Zona climática templado húmedo (Cf)

Se refiere a zonas con clima templado, la temperatura media está entre (18 y 22) °C y de (10 a 18) °C en invierno. Tiene lluvias todo el año; la precipitación pluvial de la época invernal es de (2 000 a 4 000) mm y mayores a 4 000 mm en verano.

4.1.62.6 Zona climática templado subhúmedo (Cw)

Se refiere a zonas con clima templado, con temperatura media entre (18 y 22) °C en el verano y de (10 a 18) °C en invierno. Tienen lluvias preferentemente en una estación; la precipitación pluvial del mes más seco es menor de 40 mm y la precipitación anual es de (800 a 1 000) mm.

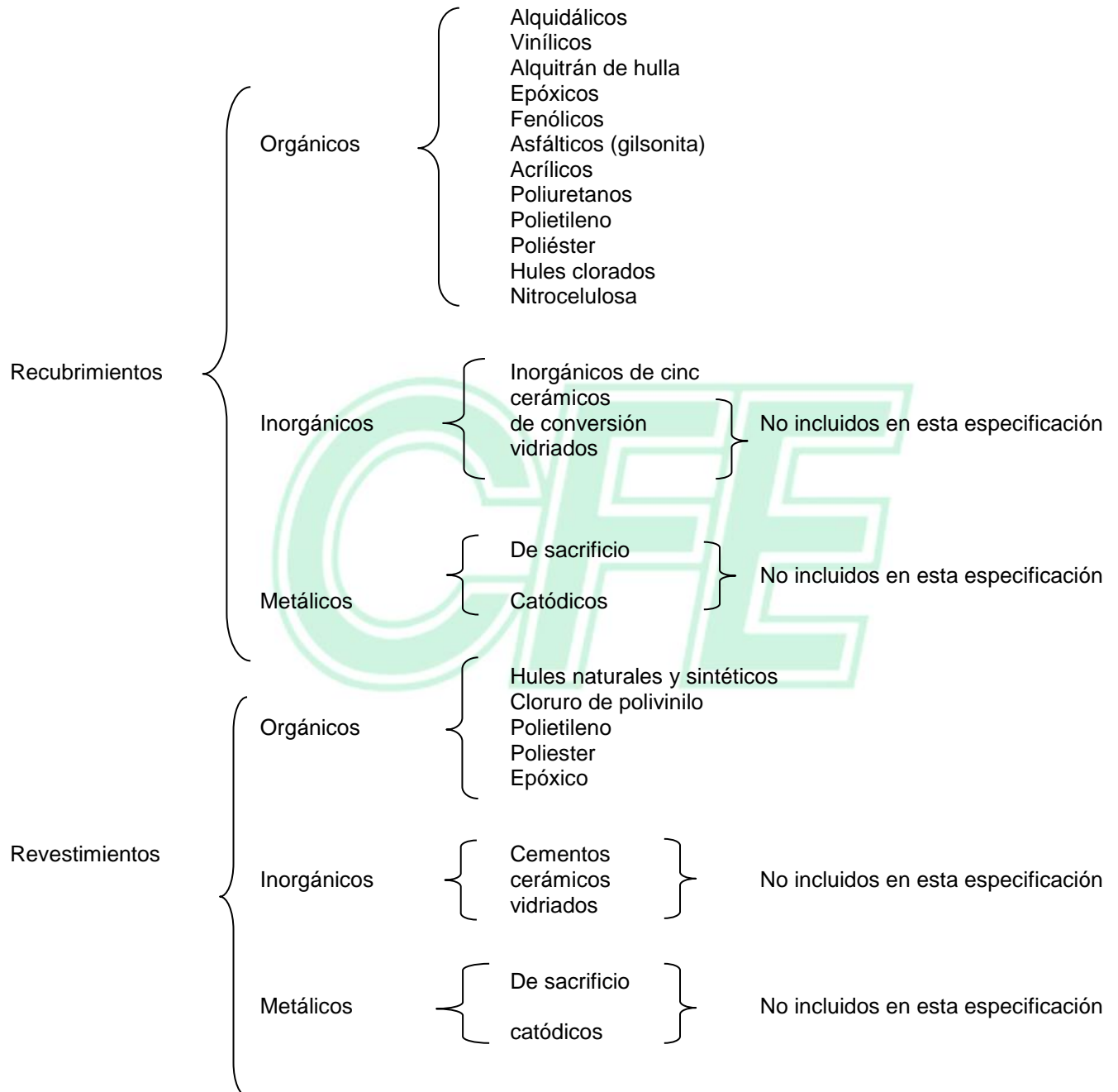
4.2 Clasificación**4.2.1 Por su espesor**

Los recubrimientos anticorrosivos se clasifican de acuerdo a su espesor en:

- a) Recubrimientos: espesor seco menor a 1 000 μm .
- b) Revestimientos: espesor seco mayor de 1 000 μm .

4.2.2 Por su composición química

Los recubrimientos anticorrosivos y revestimientos se clasifican de acuerdo a su composición química en:



5 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES

5.1 Condiciones de Exposición

Las condiciones de exposición a las que están sujetas las superficies a recubrir son las indicadas en la tabla 1.

TABLA 1 – Condiciones de exposición

	Zona climática	Características ambientales		
		Marino (M)	Industrial (I)	Rural (R)
Exteriores	Cálido húmedo (Af)*	M	I	R
	Cálido subhúmedo (Aw)*	M	I	R
	Árido seco (Bs)*	M	I	R
	Árido muy seco (Bw)*	M	I	R
	Templado húmedo (Cf)*	-	-	R
	Templado subhúmedo (Cw)*	-	I	R
Interiores	Interiores de edificios, casa de máquinas y casetas			
Inmersión en:	Agua condensada, destilada o desmineralizada			
	Agua cruda, potable o de servicio			
	Mezclas lodosas de combustibles y aceites gastados			
	Aguas negra tratada y sin tratar			
	Agua de mar			
	Combustóleo			
	Diesel, petróleo diáfano, gasolina			
	Hidróxido de sodio hasta 10 % y 60 °C			
	Ácido sulfúrico hasta 10 % y 45 °C			
Condiciones Especiales	Alta temperatura	60 °C a 100 °C		
		101 °C a 260 °C		
		261 °C a 400 °C		
	Baja temperatura	Hasta -165 °C		
	Ignífugos	Retardante de fuego hasta 30 min		
		Retardante de fuego hasta 90 min		
		Baja propagación de flama		
	Manejo de cenizas de carbón			
	Instalaciones enterradas			
	Zona de salpicaduras, derrames y fugas	Hidrazina, morfina, fosfatos e inhibidores de corrosión		
		Hidróxido de sodio hasta 50 % y temperatura ambiente		
		Ácido sulfúrico al 98 % y temperatura ambiente		
Zonas propicias al desarrollo de organismos				
Exterior de transformadores				
Superficies sujetas a tránsito continuo	Ambiente marino e industrial (agresivos)			
	Ambiente rural e interiores (poco agresivo)			

Continúa...

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	ESPECIFICACIÓN CFE D8500-01
--	--

...continuación

	Áreas cubiertas permanentemente con humedad elevada	En áreas para sellarse herméticamente
	Protección temporal	Áreas a la intemperie
	Mantenimiento	En áreas interiores de equipos

NOTA: * Clasificación climática según "Köpen".
Véanse figura 1 y Apéndice A para ubicar zonas climáticas.

5.2 Preparación de Superficies

5.2.1 Generalidades

La vida de los recubrimientos anticorrosivos depende principalmente de la preparación que tenga la superficie inmediatamente antes de su aplicación.

Desde la etapa de fabricación, las superficies metálicas adquieren sustancias contaminantes, las cuales debilitan la adherencia de los recubrimientos y reducen su vida útil, por lo que es necesario removerlos antes de aplicar los recubrimientos.

Antes de iniciar la limpieza y preparación de las superficies a recubrir, se debe verificar que no existan hendiduras, salpicaduras de soldadura, soldaduras sin esmerilar ni filos o aristas.

El grado de limpieza requerido está en función del tipo de recubrimiento seleccionado y de las condiciones originales de la superficie.

La limpieza y preparación de las superficies a recubrir se realiza mediante alguno de los procedimientos indicados en la tabla 2.

TABLA 2 – Procedimientos de limpieza y preparación de superficie

Nombre del método	Designación	Recomendaciones
Limpieza con solventes	CFE-LSO	Método auxiliar en la preparación de superficies manual, motorizada y abrasivos a presión en todos sus grados. Es más rápido, pero más peligrosa que con detergentes.
Limpieza con detergentes	CFE-LDE	Método auxiliar en la preparación de superficies manual, motorizada y abrasivos a presión en todos sus grados. Es más lenta pero menos peligrosa que con solventes.
Limpieza alcalina	CFE-LAL	Método auxiliar en la preparación química de superficies recomendada para fabricación en serie.
Limpieza con agua (menos de 70 MPa)	CFE-LAG	Método auxiliar en la preparación de superficies manual, motorizada y abrasivos a presión en todos sus grados. No remueve grasas ni aceites.

Continúa...

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

...continuación

Preparación manual		CFE-PMA	Método recomendado en la preparación de superficies cuando la naturaleza y magnitud del trabajo sea tal, que resulte incosteable la utilización de algún otro método. Este método es lento.
Preparación motorizada		CFE-PMO	Método de preparación de superficies para la remoción de sustancias contaminantes y/o recubrimientos. No elimina contaminantes fuertemente adheridos a las superficies. Este método se realiza en un 50 % más rápido que la preparación manual y tiene riesgo de pulir la superficie.
Preparación con abrasivos a presión	Ráfaga	CFE-PAR	Es el más recomendable y rápido para la preparación de superficies. Remueve casi todas las sustancias contaminantes. Su costo es proporcional al grado de preparación requerido.
	Comercial	CFE-PAC	
	Metal casi blanco	CFE-PACB	
	Metal blanco	CFE-PAB	
Preparación con agua a presión (de 70 a 170 MPa)		CFE-PAP	Método de preparación de superficies que elimina óxido suelto, escama de laminación floja y polvo, pero no remueve recubrimientos bien adheridos y óxido penetrado. Es similar al motorizado, excepto que no pule la superficie. Es más rápido que el motorizado y se recomienda para trabajos de mantenimiento.
Preparación con agua a ultra alta presión (mayor a 170 MPa)		CFE-PUP	Método de preparación de superficies que elimina óxido suelto, escama de laminación floja, polvo, remueve recubrimientos bien adheridos y óxido penetrado. Es similar a la preparación motorizada, excepto que éste no pule la superficie, es más rápido que el motorizado y no modifica el perfil de anclaje existente en la superficie del sustrato; además no genera polvo.
Preparación con agua a ultra alta presión con abrasivos		CFE-PUA	Este método es similar al de preparación con abrasivos a presión, generando un mínimo de polvo, se recomienda principalmente cuando las condiciones de trabajo son en espacios confinados o que la generación de polvo sea un inconveniente, pudiéndose alcanzar los mismos 4 (cuatro) grados que se pueden obtener con abrasivos a presión en seco.
Preparación química		CFE-PQ	Método de preparación de superficies recomendado en líneas de producción de artículos metálicos, como mordentador de concreto, preparación de galvanizado y en algunos casos especiales de mantenimiento.

5.2.2 Limpieza con solventes (CFE-LSO)

Consiste en la remoción de grasas, aceites, polvos y sustancias contaminantes sueltas, realizada mediante solventes, cuya selección debe hacerse de acuerdo a su menor toxicidad, inflamabilidad y explosividad tomando en cuenta la temperatura ambiente, como se indica en la tabla 3.

5.2.2.1 Generalidades

Esta limpieza es un método auxiliar en la preparación de superficies, no elimina óxidos, recubrimientos, ni escamas de laminación adheridos o flojos.

Este método es más rápido que el de detergentes, pero sus riesgos son habitualmente mayores.

Todos los solventes deben considerarse peligrosos y deben utilizarse en condiciones tales que eviten que sus concentraciones rebasen los límites permisibles indicados en la tabla 3.



TABLA 3 – Toxicidad de los solventes recomendados para la limpieza de superficies

Nombre del solvente	Concentración máxima permisible en el aire mg/dm³ (1)	Límite de explosividad % en volumen (2)	Temperatura de inflamación en copa cerrada (Tag) °C (4)	Toxicidad
Metil isobutilcetona (MIC)	100	1.34	25	Causa irritación a los ojos, nariz y garganta, dolor de cabeza, náuseas. El contacto repetido en la piel ocasiona resequedad e irritación primaria. Debe manipularse en áreas bien ventiladas
Percloroetileno (tetracloro-etileno)	100 (5)	no explosivo (3)	no inflamable (3)	Causa dermatitis de contacto, depresión del sistema nervioso central e irritación de mucosas oculares y de vías respiratorias
Tricloroetileno	100 (5)	no explosivo (3)	no inflamable (3)	Causa dermatitis, narcosis y anestesia
Xileno (xilol)	200	1.0	27	Produce dermatitis por contactos repetidos y frecuentes
Gas nafta (derivados del alquitrán de hulla)	200	0.9 (5)	38	Causa dermatitis
Tolueno (toluol)	200	1.3	40	En concentraciones mayores a la permisible ocasiona dificultades en la coordinación, dolor de cabeza, náuseas, pérdida de apetito, mal sabor de boca, lasitud hasta ocasionar anemia, leucopenias y aumento del tamaño del hígado
Alcohol isopropílico	400	2.5	53	Causa irritación en los ojos, vías respiratorias, dermatitis por contacto por acción repetida y narcosis
Gas nafta (derivado del petróleo)	500	1.2	-7	Para conocer su toxicidad es indispensable saber cuáles son los ingredientes de las mezclas. En general ocasiona por ingestión: gastritis, vómito, diarrea y somnolencia. Causa narcosis
Acetona	1 000	2.15	25	Causa irritación de mucosas oculares y respiratorias, dolor de cabeza, sensación general de opresión y somnolencia en exposiciones excesivas. En contacto prolongado con la piel puede irritarla

- NOTA:**
- (1) Es el máximo permisible para una jornada de trabajo de 8 h (40 h semanales). Por seguridad debe trabajarse a un 25 % por debajo de la concentración indicada.
 - (2) Concentración mínima del solvente en el aire para provocar explosión.
 - (3) Estos solventes no son inflamables ni explosivos a temperatura ambiente.
 - (4) Referencia [1] del capítulo 12 de esta especificación. Esta temperatura se puede considerar como la de inflamación en recintos cerrados.
 - (5) "Steel Structures Painting Council" Vol. 1 Cap. III pág. 40 (1966).
 - (6) Un método recomendado para eliminar el caleo consiste en la limpieza de la superficie con agua (CFE-LAG). En caso de incluir la aplicación de un recubrimiento, efectuar adicionalmente la limpieza con solventes (CFE-LSO) utilizando Metil isobutilcetona (MIC).

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Para el manejo de solventes deben utilizarse guantes de hule neopreno y que cumplan con la especificación H1000-17.

En la tabla 3 quedan excluidos debido a su peligrosidad los siguientes productos o mezclas que los contengan:

- a) Benceno: por su alta toxicidad e inflamabilidad.
- b) Gasolina: por su inflamabilidad y explosividad.
- c) Tetracloruro de carbono: debido a su toxicidad.
- d) Alcohol metílico: por su alta toxicidad.

5.2.2.2 Material y equipo

- a) Materiales.
 - Solventes (véase tabla 3).
 - Trapos limpios.
 - Estopa.
 - Aire seco y limpio.
- b) Equipo.
 - Brochas.
 - Cepillos de pelo o de ixtle.
 - Cepillos de alambre.
 - Martillos.
 - Rasquetas.
 - Cinceles.
 - Espátulas.
 - Compresor de aire.
 - Pistola de aspersion.
 - Recipientes.
- c) Equipo mínimo de seguridad.
 - Equipo de protección respiratorio de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
 - Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
 - Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
 - Guantes de neopreno, de acuerdo a la especificación CFE H1000-17.

- Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.
- Botiquín de primeros auxilios.

Adicionalmente en algunos lugares cerrados debe contarse con:

- Mascarillas de filtro con cartucho para vapores orgánicos, de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
- Mascarillas con suministro de aire puro, de acuerdo con la especificación CFE H0000-33.
- Extractores y ventilación forzada con motores a prueba de explosión (considerar que los vapores de solvente son más densos que el aire y, por lo tanto, tienden a concentrarse en la parte baja).
- Extintores de polvo químico A-B-C de acuerdo a la norma NOM-104-STPS.
- Explosímetro.
- Medidor de nivel de concentración.
- Barreras adecuadas para delimitar el área de trabajo.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en CFE.

5.2.2.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- a) Delimitar el área de trabajo y confinarla.
- b) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para manejo de solventes.

PRECAUCIÓN: Todos los trabajadores en el área de trabajo deben conocer los riesgos inherentes al manejo, almacenamiento y uso de solventes y contar con conocimientos de primeros auxilios.

- c) Los excesos de tierra, grasa, suciedad y herrumbre se deben eliminar previamente mediante el uso de implementos mecánicos.

PRECAUCIÓN: Si la superficie por limpiar está cerca de sustancias inflamables (sólidas, líquidas y/o gaseosas) no deben utilizarse materiales, herramientas, ropa y/o equipo de trabajo que puedan producir chispas y/o flama, además de no fumar (véase tabla 3).

- d) Seleccionar el solvente por utilizar de acuerdo al menor grado de toxicidad, inflamabilidad y explosividad conforme a la temperatura ambiente que se tenga.
- e) El aceite, grasas y contaminantes residuales, se deben eliminar aplicando el solvente seleccionado mediante alguno de los métodos siguientes:
 - Restregado de las superficies con trapos, estopa, cepillos o brochas empapados de solvente.
 - Inmersión de las superficies en recipientes con solvente.
 - Rociado con solvente mediante equipo de aire a presión y restregado posterior apegándose a lo indicado en la nota 1 de la tabla 3 de esta especificación.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- Exposición de las superficies a los vapores del solvente (básicamente para solventes clorados) y restregado posterior de acuerdo a la nota 1 de la tabla 3 de esta especificación).

NOTA: El método seleccionado, depende del tipo de contaminantes, de volumen de trabajo, del tamaño de las superficies y de las facilidades del sitio de trabajo.

- f) En todos los casos se requiere de un lavado final con solventes o utensilios limpios como trapos, brochas y cepillos.
- g) Todos los utensilios y materiales de desecho que se hubieren impregnado con solventes inflamables deben ser recolectados en recipientes metálicos con tapa.
- h) Se acepta el trabajo cuando la superficie quede libre de grasas, aceites, polvos y sustancias contaminantes sueltas, en caso contrario debe repetirse el procedimiento en las áreas no aceptadas véase inciso 9.3.1.3.

5.2.3 Limpieza con detergentes (CFE-LDE)

Consiste en la remoción de grasa, aceite, polvo y sustancias contaminantes sueltas, realizada mediante soluciones de detergentes o jabones.

5.2.3.1 Generalidades

Esta limpieza es un método auxiliar en la preparación de superficies y no elimina óxidos, recubrimientos, ni escama de laminación adheridos.

Este método es menos toxico y contaminante pero más lento que el método de limpieza con solventes. Se debe considerar que su aplicación genera superficies resbalosas.

5.2.3.2 Material y equipo

- a) Materiales.
 - Detergentes comerciales (se pueden utilizar también jabones, pero su acción es más lenta).
 - Agua cruda.
 - Trapos limpios.
 - Estopa.
- b) Equipo.
 - Brochas.
 - Cepillos de pelo o de ixtle.
 - Cepillos de alambre.
 - Fibras sintéticas o minerales.
 - Martillos.
 - Rasquetas.
 - Cincel.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- Recipientes.
- c)** Equipo mínimo de seguridad.
 - Mascarillas filtro con cartucho para polvos, de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
 - Botiquín de primeros auxilios.
 - Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.
 - Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.

Se debe cumplir con las normas de seguridad e higiene establecidas en CFE.

5.2.3.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- a)** Delimitar el área de trabajo.
- b)** Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para el manejo de detergentes.
- c)** Los excesos de tierra, grasa, suciedad y herrumbre se deben eliminar previamente mediante el uso de implementos mecánicos.
- d)** Preparar una solución con detergente o jabón adecuado para el grado de contaminación de la superficie.
- e)** Restregar vigorosamente la superficie con el cepillo impregnado de la solución detergente.
- f)** Eliminar la solución detergente con agua cruda en abundancia hasta que la superficie no se sienta jabonosa al tacto.
- g)** Secar con los medios de que se disponga.
- h)** Se acepta el trabajo cuando la superficie quede libre de grasas y sustancias contaminantes sueltas, en caso contrario debe repetirse el procedimiento en las áreas no aceptadas.

5.2.4 Limpieza alcalina (CFE-LAL)

Consiste en la remoción de grasa, aceite, polvo y sustancias contaminantes sueltas, realizada mediante una solución de hidróxido de sodio (sosa cáustica).

5.2.4.1 Generalidades

Esta limpieza es un método auxiliar en la preparación química de superficies y no elimina óxidos, algunos recubrimientos, ni escama de laminación adheridos.

Este método de limpieza se recomienda para fabricación en serie.

5.2.4.2 Material y equipo

- a)** Materiales.
 - Hidróxido de sodio (sosa cáustica) al 50 % en masa.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- Agua cruda.
- b)** Equipo.
 - Recipiente para inmersión, de material resistente a la solución alcalina.
 - Sistema para inmersión de las piezas a limpiar.
- c)** Equipo mínimo de seguridad.
 - Guantes de acuerdo a la especificación CFE H1000-17, botas de hule, delantal ahulado y ropa 100 % de algodón, sin partes metálicas, ni partes demasiado holgadas y con el mínimo de bolsillos.
 - Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
 - Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
 - Botiquín de primeros auxilios.
 - Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.
 - Regadera de presión con lavaojos.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

5.2.4.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- a)** Delimitar el área de trabajo.
- b)** Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para el manejo de alcalis.
- c)** Preparar la solución de hidróxido de sodio (sosa cáustica) al 12 % en masa.
- d)** Colocar la solución alcalina en el recipiente y mantenerla a una temperatura a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- e)** Sujetar las piezas al limpiar y sumergirlas totalmente en la solución; el tiempo de permanencia estará en función del tipo y cantidad de contaminantes.
- f)** Eliminar la solución alcalina con agua cruda en abundancia hasta que la superficie no se sienta jabonosa al tacto.
- g)** Se acepta el trabajo cuando la superficie quede libre de grasas y sustancias contaminantes sueltas, en caso contrario debe repetirse el procedimiento en las áreas no aceptadas véase inciso 9.3.1.3.

PRECAUCIÓN: En caso de salpicaduras o derrames de la solución alcalina lávese con agua en abundancia y solicite atención médica inmediata.

5.2.5 Limpieza con agua (CFE-LAG)

Consiste en la remoción de lodo, polvo, sales y sustancias contaminantes sueltas, realizada mediante el empleo de agua y utensilios (trapo, cepillo, estropajo, fibra, lija) o un chorro de agua que puede ser de baja presión menor a 34 MPa o de alta presión, de 34 MPa a 70 MPa.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

5.2.5.1 Generalidades

Esta limpieza es un método auxiliar en la preparación de superficies, no elimina grasas, aceites, óxidos, recubrimientos ni escamas de laminación adheridos.

Es el método de limpieza más recomendado para la eliminación de lodo previo a la preparación de superficies.

5.2.5.2 Materiales y equipo**a) Materiales.**

- Agua cruda.
- Inhibidor de corrosión recomendado por el fabricante del recubrimiento (Solo si se requiere).
- Trapo industrial.
- Cepillo.
- Estropajo.
- Fibra.
- Lija.

b) Equipo.

- Sistema de chorro de agua a presión que consiste en tanque, manguera, boquilla y bomba que de una presión menor a 34 MPa si se trabaja a baja presión y de 34 MPa a 70 MPa si la limpieza se hace a alta presión.

c) Equipo mínimo de seguridad.

- Calzado contra impacto de acuerdo a la especificación CFE H1000-22.
- Casco de seguridad de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Señales de seguridad de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

5.2.5.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- a)** Delimitar el área de trabajo.
- b)** Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para el manejo de agua a presión.
- c)** Preparar el agua cruda agregando el inhibidor (solo si se requiere) de acuerdo a las instrucciones del proveedor del mismo.
- d)** Verificar que el equipo esté en condiciones adecuadas de operación.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- e) Aplicar el chorro de agua a las superficies. Se recomienda una distancia de 15 cm a 25 cm y un ángulo de proyección entre 45 ° y 75 ° con respecto a la misma.
- f) Secar la superficie con los medios de que se disponga.

Se acepta el trabajo cuando la superficie quede libre de lodo, polvo, sales y sustancias contaminantes sueltas, en caso contrario debe repetirse el procedimiento en las áreas no aceptadas.

5.2.6 Preparación manual (CFE-PMA)

Consiste en la remoción de sustancias contaminantes y/o recubrimientos, mediante el uso de herramientas y materiales que son operados manualmente.

5.2.6.1 Generalidades

Como regla general la preparación manual, sólo debe emplearse en los casos siguientes:

- a) Cuando no se dispone de abrasivos a presión.
- b) Cuando no se dispone de equipo mecánico para la preparación motorizada.
- c) Cuando las superficies sean inaccesibles a los otros métodos de preparación de superficie.
- d) Cuando la naturaleza y magnitud del trabajo sea tal, que resulte incosteable la utilización de algún otro método.
- e) Cuando así lo requiere el primario o el mantenimiento.

La preparación manual no remueve totalmente los óxidos, contaminantes y recubrimientos firmemente adheridos siendo además relativamente lenta.

5.2.6.2 Material y equipo

El material y equipo requerido, dependiendo de las condiciones de la superficie por preparar pueden ser los siguientes:

- a) Materiales.
 - Trapos limpios.
 - Estopas.
 - Aire a presión.
 - Fibra metálica.
 - Lija de agua del 100 a 180.
 - Lija de esmeril.
 - Recubrimiento transparente.
- b) Equipos.
 - Brochas.

- Cepillos de pelo o ixtle.
 - Cepillo de alambre.
 - Martillos.
 - Rasquetas de acero templado y afilados.
 - Cíncel.
 - Espátula.
 - Compresor de aire.
 - Cámara fotográfica digital.
- c) Equipo mínimo de seguridad.**
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
 - Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
 - Botiquín de primeros auxilios.
 - Guantes de carnaza, de acuerdo a la especificación CFE H0000-16.
 - Señales de seguridad de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

5.2.6.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

5.2.6.3.1 Selección de la superficie patrón

- a)** Se examinan las superficies con el fin de determinar las sustancias contaminantes a eliminar.
- b)** Seleccionar entre el supervisor de la CFE y el proveedor un área representativa de las condiciones generales de cada zona de obra, así como el tamaño de dicha área.
- c)** Para eliminar las grasas y aceites debe hacerse una limpieza previa con solventes (CFE-LSO) y/o detergentes (CFE-LDE).
- d)** Se realiza la preparación manual, utilizando las herramientas previamente seleccionadas, de acuerdo a los contaminantes presentes e inspeccionar utilizando los patrones de referencia de la norma ISO 8501-1.
- e)** Se establecen dichas áreas como superficies patrón para cada una de las zonas consideradas.
- f)** Conservar dichas áreas mediante recubrimientos transparentes.
- g)** Tomar fotografías antes y después de la preparación como referencias para aclaraciones posteriores.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

5.2.6.3.2 Procedimiento de preparación manual

- a) Delimite el área de trabajo.
- b) Verifique que el operario utilice el equipo de seguridad para preparación manual.
- c) Para eliminar las grasas y aceites debe hacerse una limpieza previa con solventes (CFE-LSO) y/o detergentes (CFE-LDE).
- d) Elimine las hojuelas de herrumbre con martillo y cincel, martillo de despostillar, o con otras herramientas de impacto.
- e) Elimine el óxido y recubrimientos flojos con cepillo de alambre, rasqueta, espátula, lija o fibra metálica.
- f) Desvanezca el óxido y los bordes de los recubrimientos fuertemente adheridos con lija y fibra metálica de manera que la rugosidad sea la adecuada para el nuevo recubrimiento.
- g) Antes de la aplicación del recubrimiento debe eliminarse el material suelto depositado sobre las superficies mediante los materiales de limpieza.
- h) Se considera que la superficie queda lista para recubrirse cuando tenga una apariencia comparable a la tomada como superficie patrón.

NOTA: El primario debe aplicarse dentro la misma jornada de trabajo.

5.2.7 Preparación motorizada (CFE-PMO)

Es en la que se utilizan herramientas eléctricas y/o neumáticas, con instrumentos de desbaste e impacto acoplados, para la remoción de sustancias contaminantes y/o recubrimientos.

5.2.7.1 Generalidades

Este procedimiento no elimina los contaminantes fuertemente adheridos a la superficie metálica, pero se realiza más rápido que la preparación manual. Produce en general un perfil de anclaje poco profundo, debido a su tendencia a pulir las superficies.

5.2.7.2 Material y equipo

- a) Materiales.
 - Estopa.
 - Trapos limpios.
 - Aire a presión.
 - Cardas.
 - Copas y ruedas de esmeril (del 100 o más fina).
 - Lijas de agua del 100 al 180.
 - Lijas de esmeril.
 - Recubrimiento transparente.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- b)** Equipos.
- Rotomartillos.
 - Cepillo rotatorio.
 - Esmeriles.
 - Taladros.
 - Lijadoras.
 - Cámara fotográfica digital.
- c)** Equipo mínimo de seguridad.
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
 - Mascarillas filtro con cartucho para polvos, de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
 - Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
 - Botiquín de primeros auxilios.
 - Guantes de carnaza, de acuerdo a la especificación CFE H0000-16.
 - Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en CFE.

5.2.7.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

5.2.7.3.1 Selección de la superficie patrón

- a)** Se examinan las superficies con el fin de determinar las sustancias contaminantes a eliminar.
- b)** Seleccionar entre el supervisor de la CFE y el proveedor un área representativa de las condiciones generales de cada zona de obra, así como el tamaño de dicha área.
- c)** Para eliminar las grasas y aceites deben hacerse una limpieza previa con solventes (CFE-LSO) y/o detergentes (CFE-LDE).
- d)** Se realiza la preparación motorizada, utilizando las herramientas previamente seleccionadas, de acuerdo a los contaminantes presentes e inspeccionar utilizando los patrones de referencia de la norma ISO 8501-1.
- e)** Se establecen dichas áreas como superficies patrón para cada una de las zonas consideradas.
- f)** Se conservan dichas áreas mediante recubrimientos transparentes.
- g)** Se toman fotografías antes y después de la preparación como referencias para aclaraciones posteriores.

5.2.7.3.2 Procedimiento de preparación motorizado

- a) Delimite el área de trabajo.
- b) Verifique que el operario revise y utilice el equipo de seguridad de acuerdo a la preparación motorizada.
- c) Para eliminar las grasas y aceites, es necesario una limpieza previa con solventes (CFE-LSO) y/o detergentes (CFE-LDE).
- d) Elimine las hojuelas de herrumbre con el rotomartillo.
- e) Elimine el óxido y los recubrimientos que queden adheridos con los esmeriles, taladros, lijadoras o el cepillo rotatorio.
- f) Desvanezca el óxido y los bordes de los recubrimientos fuertemente adheridos con las herramientas mencionadas.

NOTA: Es importante no dejar funcionando las herramientas en un sólo lugar por un periodo considerable de tiempo, porque se pulen las superficies.

- g) Antes de la aplicación del recubrimiento debe eliminarse el material suelto depositado sobre las superficies.
- h) Se considera que la superficie queda lista para recubrirse cuando tenga una apariencia comparable a la tomada como superficie patrón.

NOTA: El primario debe aplicarse dentro de la misma jornada de trabajo.

5.2.8 Preparación con abrasivos a presión

Este método de preparación consiste en la proyección a alta velocidad de partículas abrasivas (comúnmente arena sílica) contra la superficie por preparar.

5.2.8.1 Generalidades

Es el más recomendable y rápido de los métodos de preparación de superficie, según el grado de preparación especificado, remueve casi todas las sustancias contaminantes y algunas veces metal firme, dejando casi siempre el perfil de anclaje requerido para el primario recomendado, pudiéndose alcanzar 4 (cuatro) grados que son:

- a) Ráfaga (CFE-PAR).

La superficie queda de color de las sustancias contaminantes fuertemente adheridas, eliminando las sustancias contaminantes flojas. Del 10 % al 66 % de la superficie debe estar libre de todo residuo.

- b) Comercial (CFE-PAC).

La superficie queda con la rugosidad especificada, de color similar al del abrasivo con apariencia no uniforme y libre de las sustancias contaminantes flojas. Del 67 % al 94% de la superficie debe estar libre de todo residuo.

- c) Metal casi blanco (CFE-PACB).

La superficie queda con la rugosidad especificada, de apariencia no uniforme pudiendo presentar ligeras sombras, vetas o decoloraciones. Del 95 % al 99 % de la superficie debe estar libre de todo residuo.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

d) Metal blanco (CFE-PAB).

La superficie queda con la rugosidad especificada, de apariencia uniforme, libre de sustancias contaminantes, oxidación visible, o de cualquier sustancia extraña.

El color de la superficie puede variar de un gris a un blanco metálico, dependiendo del abrasivo utilizado.

5.2.8.2 Material y equipo

a) Materiales.

- Los abrasivos pueden ser arena, granalla de acero, munición de acero, coque, polímero, óxido de aluminio o cualquier otro, que cumplan con lo indicado en la tabla 4. La arena es el abrasivo más utilizado, debe estar limpia, seca y ser cuarzosa y silicosa.
- Aire seco y limpio.
- Trapos limpios.
- Recubrimiento transparente.

TABLA 4 – Materiales recomendados en la preparación con abrasivos a presión

Material abrasivo ⁽²⁾		Máximo tamaño de partículas en mm NMX-B-231 (US sieves)	Promedio de la altura del perfil de anclaje en (µm) a 686 kPa	Lugar de aplicación	Características
Arena sílica	muy fina	0.2 (80)	25	Fábrica o campo	Seca, silicosa, cuarzosa. No contaminada con sales, aceite y grasa. Puede utilizarse arena de mar siempre y cuando esté bien lavada y seca
	finas	0.4 (40)	38		
	media	1.0 (18)	50		
	gruesa	1.6 (12)	75		
Granalla de acero G	80	0.4 (40)	25	Fábrica o campo en interior de equipos	Seca, sin óxido no contaminada con aceite ni grasa
	50	0.7 (25)	38		
	40	1.0 (18)	50		
	25	1.2 (16)	75		
	16	1.7 (12)	100		
Munición de acero S ⁽¹⁾	110	0.7 (25)	25	Fábrica o campo en interior de equipos	Seca, sin óxido no contaminada con aceite ni grasa
	170	0.85 (20)	38		
	230	1.0 (18)	50		
	330	1.2 (16)	75		
	390	1.4 (14)	100		

Continúa...

...continuación

Granalla de óxido de aluminio	100	-	25	Fábrica o campo en interior de equipos	Seca, no contaminada con aceite ni grasa y que no contenga aluminio metálico
	50	-	38		
	16	-	50		
	6	-	75 a 100		
Escoria de fundición de cobre	3 060	-	25 a 38	Fábrica o campo	Seca, no contaminada con aceite ni grasa y que no contenga cobre metálico
	2 040	-	50		
	1 240	-	75 a 100		

- NOTA:**
- 1.- No proporciona un buen perfil de anclaje, por lo que debe ser utilizada en combinación con granalla de acero para mejores resultados.
 - 2.- Se pueden utilizar otros tipos de abrasivos no mencionados en esta tabla, siempre y cuando cumplan con el perfil de anclaje, grado de preparación de superficie y la normativa ambiental.

b) Equipo.

El equipo utilizado en la preparación de superficies con abrasivos a presión es el indicado en la tabla 5 y en la figura 2.



TABLA 5 – Equipo recomendado en la preparación de superficie con abrasivos a presión

Equipo		Características
Equipo necesario para el suministro de aire	Compresor de aire	Gasto continuo 1.27 a 22.2 m ³ /min de aire a una presión de 686 kPa, dependiendo de la boquilla a usar Vinilo o neopreno. Diámetro interior nominal de 3.175 cm para una longitud máxima de 15 m. Debe soportar una presión mínima de 1 030 kPa De compuerta con control remoto Para una presión mínima de 686 kPa Uno como separador de humedad y otro de aceite y grasa Puede ser neumático o eléctrico Politetrafluoretileno. (Teflón)
	Manguera para aire Válvulas Regulador de presión Filtros Control remoto Cinta para sellar	
Equipo para el suministro de abrasivo	Alimentador de abrasivo Válvula reguladora	Deben tener la capacidad adecuada a la magnitud del trabajo a desarrollar Generalmente integrada al alimentador de abrasivo Con forro antiestático, con conexiones tipo externo de rápido ensamble. Debe ser la adecuada al tipo de compresor y su longitud debe ser tal que proporcione una presión mínima en la boquilla de 669 kPa el diámetro interior mínimo debe ser de 3.175 cm. Para facilidad de manejo, los últimos 3 m pueden ser de 2.54 cm de diámetro interior Tipo Venturi, construida de carburo de tungsteno, carburo de silicio o carburo de boro. El diámetro de la boquilla puede variar de 0.48 cm a 1.9 cm, dependiendo del área de la superficie a ser preparada.
	Manguera	
	Boquilla	
Equipo para seguridad de los operadores	Purificador de aire Escafandra de seguridad Guantes Mascarillas filtro Gafas protectoras	Para suministrar un gasto mínimo de 625 dm ³ /min por persona Debe cubrir por completo la cabeza del operador y debe contar con alimentación de aire De carnaza (CFE H0000-16) Con cartucho para polvos (CFE H0000-33) CFE H0000-09
Equipo complementario	Cámara fotográfica Manómetro de aguja Medidor de humedad relativa (Higrómetro o psicrómetro) Cribas clasificadoras de abrasivos Brochas y cepillos Patrones visuales de perfil de anclaje Cinta de réplica para perfil de anclaje Micrómetro Termómetro de superficie Termómetro ambiental	Digital de 5 mega pixeles mínimo Para un intervalo de (0 a 1373) kPa Portátil, escala mínima de 30 % a 90 % Véase tabla 4 De 25 µm, 50 µm, 75 µm y 100 µm como mínimo. De 50 µm de espesor. Con escala de 0 µm a 250 µm como mínimo. Con escala 0 °C a 100 °C mínimo y con imán con exactitud de ± 1 °C Con escala 0 °C a 100 °C mínimo con exactitud de ± 1 °C

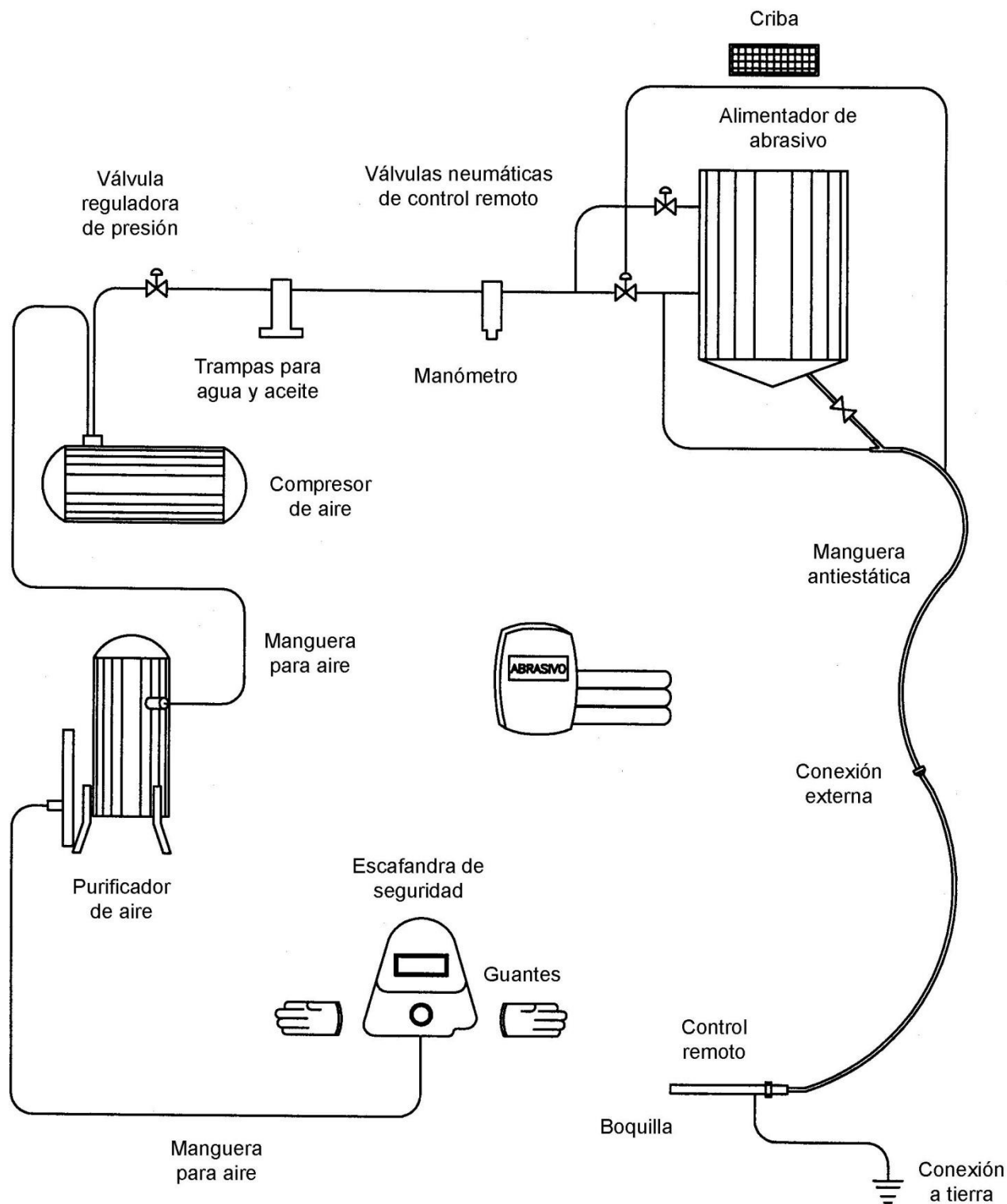


FIGURA 2 – Equipo recomendado para preparación de superficies con abrasivos a presión (chorro de arena)

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

5.2.8.3 Procedimiento

El supervisor de CFE debe verificar y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

5.2.8.3.1 Selección de la superficie patrón

- a) Medir la humedad relativa, temperatura del sustrato y temperatura del aire.

La humedad relativa que debe prevalecer cuando se efectúe esta preparación de superficies debe ser de 80 % máximo y la temperatura del sustrato debe estar 3 °C como mínimo por encima de la temperatura de rocío (véase gráfica 1).



GRÁFICA 1 – Determinación de temperatura mínima del sustrato y punto de rocío, partiendo de temperatura del aire y humedad relativa

Si esta condición no se mantuviera una vez iniciada la preparación, ésta debe suspenderse y reiniciarse hasta que la condición de humedad relativa o temperatura del sustrato se cumplan.

- b) Medidas de seguridad.

Antes de iniciar la preparación, el personal que suministrará el abrasivo, debe utilizar mascarillas filtro y gafas protectoras y el operador debe utilizar mascarilla con alimentación de aire y guantes, asimismo, debe vigilarse que la boquilla del equipo suministrador de arena esté conectado a tierra si se requiere.

- c) Examinar la superficie con el fin de determinar las sustancias contaminantes por eliminar.
- d) Seleccionar entre el supervisor de la CFE y el proveedor un área representativa de las condiciones generales de cada zona de obra, así como el tamaño de dicha área.
- e) Para eliminar grasas y aceites utilizar el procedimiento de limpieza con solventes (CFE-LSO) o con detergentes (CFE-LDE).

- f) Realizar la preparación de superficie de acuerdo al grado seleccionado (como se indica en el inciso 5.2.8.1) e inspeccionar utilizando los patrones de referencia de la norma ISO 8501-1 en las áreas elegidas como superficies patrón.
- g) Establecer dichas áreas como superficies patrón.
- h) Conservar dichas áreas mediante recubrimientos transparentes.
- i) Tomar fotografías antes y después de la preparación como referencia para aclaraciones posteriores.

5.2.8.3.2 Procedimiento de preparación con abrasivos a presión

- a) Delimitar el área de trabajo.
- b) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para la preparación con abrasivos a presión.
- c) Para eliminar grasas y aceites utilizar el procedimiento de limpieza con solventes (CFE-LSO) o con detergentes (CFE-LDE). Para eliminar costras de óxido gruesas (tecatas) utilizar rotomartillo o martillo y cincel, martillo de despostillar o con otras herramientas de impacto.
- d) Efectuar la preparación con abrasivos a presión tomando en cuenta lo siguiente:
 - El operador del abrasivo a presión debe ser personal calificado por CFE.
 - Purgar la línea de suministro de aire hasta que éste salga limpio y seco (véase inciso 9.3.1.9.1 b).
 - Regular la cantidad de abrasivo mediante la válvula de alimentador de tal manera, que sea suficiente para limpiar con rapidez sin llegar a obstruir la corriente de aire.
 - Mantener la boquilla a unos 25 cm de la superficie, cuidando que el abrasivo no pierda fuerza.
 - Se recomienda que el ángulo de proyección sea entre 30 ° y 75 ° con respecto a la superficie.
- e) Eliminar el exceso de polvo de la superficie recién preparada, preferentemente con un chorro de aire limpio y seco o bien con brocha y cepillo.
- f) Para la aceptación, véase el inciso 9.3.1.9.2 de esta especificación.
- g) Las superficies preparadas deben recubrirse en las 4 h siguientes, o antes de que aparezca corrosión que se observe a simple vista, dependiendo de la agresividad del ambiente.

Si por algún motivo se sobrepasa el tiempo indicado o se presenta corrosión debe repetirse la preparación.

5.2.9 Preparación con agua a presión (CFE-PAP)

Consiste en golpear la superficie mediante un chorro de agua que puede ser a alta presión, entre 70 MPa a 170 MPa, eliminando óxido suelto, escama de laminación floja y polvo.

Este procedimiento no remueve recubrimientos bien adheridos, ni óxido penetrado.

5.2.9.1 Generalidades

El grado de preparación es similar al de la preparación motorizada, excepto que éste no pule la superficie, es más rápido que el motorizado y no genera perfil de anclaje.

Este procedimiento es recomendable sólo para trabajos de mantenimiento.

5.2.9.2 Material y equipo**a) Material.**

- Agua cruda.
- Inhibidores de corrosión o secuestrantes de oxígeno recomendados por el fabricante del recubrimiento.
- Trapos limpios.
- Recubrimiento transparente.

b) Equipo.

- Sistema de chorro de agua a presión que consiste en tanque, manguera, boquilla y bomba que dé una presión de 70 MPa a 170 MPa.

c) Equipo mínimo de seguridad.

- Calzado contra impacto de acuerdo a la especificación CFE L1000-11.
- Casco de seguridad de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Señales de seguridad de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en CFE.

5.2.9.3 Procedimiento

El supervisor de CFE debe verificar y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

5.2.9.3.1 Selección de la superficie patrón

- a) Se examinan las superficies con el fin de determinar las sustancias contaminantes a eliminar
- b) Seleccionar entre el supervisor de la CFE y el proveedor un área representativa de las condiciones generales de cada zona de obra, así como el tamaño de dicha área.
- c) Para eliminar grasas o aceites, utilizar el procedimiento de limpieza con solventes (CFE-LSO) y/o con detergentes (CFE-LDE).
- d) Preparar el agua a utilizar con inhibidor de corrosión o secuestrante de oxígeno.
- e) Realizar la preparación con chorro de agua en las superficies elegidas como patrón.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- f) Establecer dichas áreas como superficies patrón de referencia local.
- g) Conservar dichas áreas mediante recubrimientos transparentes.
- h) Tomar fotografías antes y después de la limpieza como referencias para aclaraciones posteriores.

5.2.9.3.2 Procedimiento de preparación con agua a presión

- a) Delimitar el área de trabajo.
- b) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para preparación con agua a presión.
- c) Preparar el agua cruda inhibida, de acuerdo a las instrucciones del proveedor del inhibidor.
- d) Verificar que la presión del agua esté entre 70 MPa y 170 MPa.
- e) Aplicar el chorro de agua inhibida a las superficies. Se recomienda una distancia de 15cm a 25cm y un ángulo de proyecciones entre (45 y 75) ° con respecto a la misma.
- f) Secar la superficie con los medios de que se disponga.
- g) La superficie queda lista para recubrirse cuando tiene una apariencia comparable a la tomada como superficie patrón.

5.2.10 Preparación con agua a ultra alta presión (CFE-PUP)

Consiste en golpear la superficie mediante un chorro de agua a presión, mayor a 170 MPa, normalmente de 206 MPa a 241 MPa, eliminando óxido suelto, escama de laminación floja y polvo.

5.2.10.1 Generalidades

El grado de preparación con este método es similar al de la preparación motorizada, excepto que éste no pule la superficie, es más rápido que el motorizado y no modifica el perfil de anclaje existente en la superficie del sustrato; además no genera polvo.

Este procedimiento es recomendable sólo para trabajos de mantenimiento.

5.2.10.2 Material y equipo

- a) Material.
 - Agua cruda.
 - Inhibidores de corrosión o secuestrantes de oxígeno recomendados por el fabricante del recubrimiento.
 - Trapos limpios.
 - Recubrimiento transparente.
- b) Equipo.

Sistema de chorro de agua a presión que consiste en tanque, manguera, boquilla y bomba que dé una presión mayor a 170 MPa.
- c) Equipo mínimo de seguridad.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- Calzado contra impacto de acuerdo a la especificación CFE L1000-11.
- Casco de seguridad de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Careta.
- Protección auditiva.
- Protector corporal.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Señales de seguridad de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en CFE.

5.2.10.3 Procedimiento

El supervisor de CFE debe verificar y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

5.2.10.3.1 Selección de la superficie patrón

- a) Se examinan las superficies con el fin de determinar las sustancias contaminantes a eliminar
- b) Seleccionar entre el supervisor de la CFE y el proveedor un área representativa de las condiciones generales de cada zona de obra, así como el tamaño de dicha área.
- c) Para eliminar grasas o aceites, utilizar el procedimiento de limpieza con solventes (CFE-LSO) y/o con detergentes (CFE-LDE).
- d) Preparar el agua a utilizar con inhibidor de corrosión y/o secuestrante de oxígeno.
- e) Realizar la preparación con chorro de agua en las superficies elegidas como patrón.
- f) Establecer dichas áreas como superficies patrón de referencia local.
- g) Conservar dichas áreas mediante recubrimientos transparentes.
- h) Tomar fotografías antes y después de la preparación como referencias para aclaraciones posteriores.

5.2.10.3.2 Procedimiento de preparación con agua a ultra alta presión

- a) Delimitar el área de trabajo.
- b) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad adecuado.
- c) Preparar el agua cruda con inhibidor o secuestrante de oxígeno, de acuerdo a las instrucciones del proveedor del inhibidor o secuestrante de oxígeno.
- d) Verificar que la presión del agua sea mayor a 170 MPa.
- e) Aplicar el chorro de agua inhibida y/o con el secuestrante de oxígeno a las superficies. Se recomienda una distancia de 5cm a 25cm y un ángulo de proyecciones entre 45° y 75° con respecto a la misma.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- f) Secar la superficie con los medios de que se disponga.
- g) La superficie queda lista para recubrirse cuando tiene una apariencia comparable a la tomada como superficie patrón.

5.2.11 Preparación con Agua a Ultra Alta Presión con abrasivos (CFE-PUA)

Consiste en golpear la superficie mediante un chorro de agua a presión, mayor a 170 MPa, normalmente de 206 MPa a 241 MPa, adicionando partículas abrasivas, eliminando óxido suelto, escama de laminación floja y polvo.

5.2.11.1 Generalidades

Este método de preparación tiene la característica de proporcionar perfil de anclaje sobre la superficie, generando un mínimo de polvo, principalmente cuando las condiciones de trabajo son en espacios confinados o que la generación de polvo sea un inconveniente, pudiéndose alcanzar los mismos 4 (cuatro) grados que se pueden obtener con abrasivos a presión en seco.

5.2.11.2 Material y equipo

- a) Material.
 - Agua cruda.
 - Abrasivos (de acuerdo a lo indicado en el apartado 5.2.8.2, no se recomienda utilizar abrasivos metálicos).
 - Inhibidores de corrosión y/o secuestrantes de oxígeno recomendados por el fabricante.
 - Trapos limpios.
 - Recubrimiento transparente.
- b) Equipo

Sistema de chorro de agua a presión que consiste en tanque, manguera, boquilla y bomba que dé una presión mayor a 170 MPa.
- c) Equipo mínimo de seguridad
 - Calzado contra impacto de acuerdo a la especificación CFE H1000-22.
 - Casco de seguridad de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
 - Careta.
 - Protección auditiva.
 - Protector corporal.
 - Botiquín de primeros auxilios.
 - Señales de seguridad de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en CFE.

- d) Equipos complementarios

Véase la tabla 5.

5.2.11.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor deben aplicar el procedimiento siguiente:

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

5.2.11.3.1 Selección de la superficie patrón

- a) Se examinan las superficies con el fin de determinar las sustancias contaminantes a eliminar
- b) Seleccionar entre el supervisor de la CFE y el proveedor un área representativa de las condiciones generales de cada zona de obra, así como el tamaño de dicha área.
- c) Para eliminar grasas o aceites, utilizar el procedimiento de limpieza con solventes (CFE-LSO) y/o con detergentes (CFE-LDE).
- d) Preparar el agua a utilizar con inhibidor de corrosión y/o secuestrante de oxígeno.
- e) Verificar que la presión del agua sea mayor a 170 MPa.
- f) Realizar la preparación con chorro de agua y abrasivos en las superficies elegidas como patrón de acuerdo al grado seleccionado e inspeccionar utilizando los patrones de referencia de la norma ISO 8501-1.
- g) Establecer dichas áreas como superficies patrón de referencia local.
- h) Conservar dichas áreas mediante recubrimientos transparentes.
- i) Tomar fotografías antes y después de la preparación como referencias para aclaraciones posteriores.

5.2.11.3.2 Procedimiento de preparación con agua a ultra alta presión y abrasivos

- a) Delimitar el área de trabajo.
- b) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para preparación con agua a ultra alta presión y abrasivos.
- c) Para eliminar grasas o aceites, utilizar el procedimiento de limpieza con solventes (CFE-LSO) y/o con detergentes (CFE-LDE).
- d) Preparar el agua cruda con el inhibidor y/o el secuestrante de oxígeno, de acuerdo a las instrucciones del proveedor.
- e) Verificar que la presión del agua sea mayor a 170 MPa.
- f) Efectuar la preparación tomando en cuenta lo siguiente:
 - El personal del abrasivo a presión debe ser personal calificado por CFE.
 - Regular la cantidad de abrasivo mediante la válvula de alimentador, de tal manera que sea suficiente para limpiar con rapidez sin llegar a obstruir la corriente de agua.
 - Mantener la boquilla a unos 10 cm de la superficie, cuidando que el agua y el abrasivo no pierdan fuerza.
 - Se recomienda que el ángulo de proyección sea entre 30 ° y 75 ° con respecto a la superficie.
- g) Para la aceptación, véase el inciso 9.3.1.9.2 de esta especificación.
- h) Las superficies preparadas deben recubrirse en el tiempo máximo señalado por el proveedor del inhibidor o secuestrante de oxígeno, o antes de que aparezca oxidación visible, dependiendo de la agresividad del ambiente.

Si por algún motivo se sobrepasa el tiempo indicado o se presenta óxido debe repetirse la preparación.

5.2.12 Preparación química (CFE-PQ)

Es un método de preparación de superficie que consiste en la aplicación de soluciones ácidas con el objeto de eliminar las sustancias contaminantes.

5.2.12.1 Generalidades

Se recomienda exclusivamente este método de preparación en líneas de producción de artículos metálicos, como mordentador de concreto, preparación de galvanizado y en algunos casos especiales de mantenimiento, debido a los riesgos inherentes y que da un perfil de anclaje poco profundo.

5.2.12.2 Material y equipo

a) Materiales.

- Soluciones comerciales para esta preparación.
- Papel indicador de pH con intervalo de 0 a 14.
- Agua cruda, preferentemente a 60 °C.
- Recubrimiento transparente.

b) Equipo.

- Brochas.
- Cepillos.
- Recipientes especiales para inmersión, de material resistente a la solución.
- Ventiladores.
- Cámara fotográfica digital.

c) Equipo mínimo de seguridad.

- Guantes de acuerdo a la especificación CFE H1000-17, botas de hule, delantal ahulado y ropa 100 % de algodón, sin partes metálicas, ni partes demasiado holgadas y con el mínimo de bolsillos.
- Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
- Mascarillas para protección de vapores químicos, de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Señales de seguridad de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.
- Regadera de presión con lavaojos.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

5.2.12.3 Procedimiento

El supervisor de CFE debe verificar y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

5.2.12.3.1 Preparación de la superficie patrón

- a) Examinar las superficies con el fin de determinar las sustancias contaminantes a eliminar
- b) Seleccionar entre el supervisor de la CFE y el proveedor un área representativa de las condiciones generales de cada zona de obra, así como el tamaño de dicha área.
- c) Para eliminar grasas o aceites utilizar el procedimiento de limpieza con solventes (CFE-LSO), con detergentes (CFE-LDE) y/o alcalina (CFE-LAL).
- d) Realizar la preparación química mediante el procedimiento seleccionado.
- e) Establecer dichas áreas como superficies patrón.
- f) Conservar dichas áreas mediante recubrimientos transparentes.
- g) Tomar fotografías antes y después de la preparación, como referencia para aclaraciones posteriores.

5.2.12.3.2 Procedimiento de preparación química

- a) Delimitar el área de trabajo y confinarse.
- b) Verificar que el operario revise y use el equipo de seguridad para la preparación química.
- c) Para eliminar grasas o aceites, utilizar el procedimiento de limpieza con solventes (CFE LSO), con detergentes (CFE LDE) y/o alcalina (CFE-LAL). Para eliminar costras de óxido gruesas (tecatas) utilizar rotomartillo o martillo y cincel, martillo de despostillar o con otras herramientas de impacto.
- d) Preparar la solución de acuerdo a las instrucciones del proveedor.
- e) Aplicar la solución sobre la superficie al espesor recomendado o durante un tiempo suficiente, que permita que se efectúe la preparación, sin deterioro del material; este tiempo depende del material, de la superficie a recubrir, de sus condiciones originales y del tipo de solución utilizada.

ADVERTENCIAS:

- Esta preparación no debe efectuarse por aspersión, para seguridad del personal, así como para evitar el deterioro de los equipos.
 - En caso de salpicaduras o derrames de ácido, seguir las recomendaciones indicadas en la ficha de seguridad del producto empleado.
 - En lugares cerrados debe proveerse ventilación adecuada, minimizar la concentración del hidrógeno formado en la preparación, ya que éste es irritante y explosivo. Por lo que no se debe fumar o utilizar herramientas que produzcan chispas.
- f) Lavar con agua cruda en abundancia hasta eliminar residuos de soluciones.

Efectuar una prueba con papel pH para asegurar que la superficie húmeda tiene el mismo valor de pH que el agua empleada en el lavado; en caso de que esto no suceda, vuélvase a lavar, hasta obtener un mismo valor de pH.

- g)** Secar la superficie con los medios de que se disponga.
- h)** Se considera que la superficie queda lista para recubrirse cuando tiene una apariencia comparable a la tomada como superficie patrón.

NOTA: El primario debe aplicarse dentro de la misma jornada de trabajo.

5.2.13 Otras preparaciones

En casos especiales, se pueden utilizar otros tipos de preparación de superficies como:

- a)** Con flama.
- b)** Hielo seco a presión.
- c)** Esponja abrasiva a presión.
- d)** Otros tipos de preparación.

Lo cual debe indicarse en el contrato la norma o especificación aplicable.

5.3 Aplicación de Recubrimientos

5.3.1 Selección

Los métodos de aplicación de recubrimientos más utilizados en campo son los indicados en la tabla 6.

TABLA 6 – Procedimiento de aplicación de recubrimientos

Nombre del método de aplicación		Designación	Recomendación
Con brocha		CFE-AB	Se recomienda usarlo cuando se requiere una gran humectación de la superficie o para retocar cavidades, soldaduras, orillas, lugares con cierta profundidad o inaccesibles a otros métodos de aplicación
Con espátula		CFE-AE	Se recomienda para recubrimientos o revestimientos 100 % sólidos o muy viscosos
Con rodillo		CFE-AR	Se recomienda cuando no sea posible usar el método de aspersión, en superficies planas (pisos, muros y techos), cercas de alambre, y enrejados. Requiere poco equipo, es más rápido que la brocha
Por aspersión	Con aire	CFE-CA	Es el más recomendable para recubrir cualquier superficie, excepto en la que se requiera: gran humectación, retocar cavidades, soldaduras, orillas, rejillas, cercas de alambre y enrejados. La aplicación sin aire es más rápida que con aire
	Sin aire	CFE-SA	
Otros		Véase inciso 5.3.8	

Para seleccionar el método de aplicación adecuado, deben considerarse los factores siguientes:

- a) Tipo de recubrimiento.
- b) Forma, tamaño y tipo de superficie.
- c) Ambiente.
- d) Velocidad de aplicación.
- e) Mano de obra especializada.
- f) Espesor requerido de la capa.
- g) Textura requerida.
- h) Facilidad de aplicación.
- i) Seguridad del personal.
- j) Equipo requerido.
- k) Costo y tiempo.

En la mayoría de los casos es necesario el uso de varios métodos de aplicación.

5.3.2 Condiciones para la aplicación

El proceso de aplicación debe efectuarse sobre superficies y/o recubrimientos secos, preparados de acuerdo a lo indicado en el inciso 5.2 de esta especificación, que no estén expuestos a la lluvia, tolvaneras, niebla, rocío, brisa, nieve, ni cuando la temperatura de la superficie o del recubrimiento sea menor de 7 °C o mayor de 50 °C, excepto los recubrimientos tipo látex (vinílico, vinil-acrílico, hule clorado) y epóxicos, los cuales no se deben aplicar cuando la temperatura sea menor de 10 °C o mayor de 50 °C.

Se exceptúan también los recubrimientos para alta y baja temperatura.

No se debe aplicar ningún recubrimiento, cuando se espere que la temperatura de la superficie o del recubrimiento baje hasta 0 °C antes que el último haya alcanzado el secado duro, ni cuando la humedad relativa del aire sea mayor de 85 % o que la temperatura del sustrato sea menor de 3 °C por encima de la temperatura de rocío, tampoco se debe aplicar ningún recubrimiento cuando se tengan vientos con una velocidad mayor de 24 km/h cuando sea por aspersión.

5.3.3 Almacenamiento y acondicionamiento del recubrimiento

5.3.3.1 Almacenamiento

Los recipientes con recubrimientos no deben quedar expuestos a la lluvia y a la acción directa de los rayos del sol o cualquier fuente de calor. No estibar sobre pisos mojados, la temperatura del almacén debe estar entre 15 °C y 30 °C.

Verificar que la fecha de caducidad no se rebase. El almacén debe estar bien ventilado, tener equipo contra incendio e instalación eléctrica tipo industrial a prueba de explosión.

5.3.3.2 Acondicionamiento

- a) Leer cuidadosamente las instrucciones del proveedor del recubrimiento verificando que la fecha de caducidad no se haya rebasado.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- b) Destapar el recipiente y pasar una parte del mismo a otro recipiente limpio de mayor volumen, de tal forma que permita una libre agitación en el recipiente original sin derrames.
- c) Agitar el contenido del recipiente original con una paleta de madera u otro medio adecuado, hasta lograr que todos los sólidos adheridos a las paredes y el fondo se reincorporen en forma homogénea.
- d) Transvasar con agitación continua la mezcla original de uno a otro recipiente y viceversa varias veces hasta lograr una mezcla homogénea.
- e) Si el recubrimiento es de dos componentes, éstos deben mezclarse hasta obtener una mezcla homogénea, respetando la proporción y el tiempo de vida útil de la mezcla indicada por el proveedor.
- f) Filtrar el recubrimiento pasándolo a través de una manta de cielo o una malla equivalente a fin de eliminar natas, grumos, pintura seca o cualquier material extraño, de tal manera que el filtrado quede en el recipiente grande.
- g) Ajustar de acuerdo con las instrucciones del proveedor la viscosidad del recubrimiento con el adelgazador apropiado para su correcta aplicación, consultar la especificación CFE D8500-02.

5.3.4 Aplicación con brocha (CFE-AB)

El procedimiento mediante el cual se deposita un recubrimiento sobre la superficie, utilizando una brocha.

5.3.4.1 Generalidades

Este método de aplicación requiere poco equipo y su aplicación es lenta de (9 a 18) m²/h dependiendo del tamaño de la brocha, habilidad del operador y geometría de la superficie, por lo que se recomienda utilizarlo cuando se requiera una gran humectación de la superficie o para retocar cavidades, soldaduras, orillas, lugares con cierta profundidad o inaccesibles a otros métodos de aplicación.

5.3.4.2 Material y equipo

- a) Materiales.
 - Recubrimientos.
 - Solventes.
 - Trapos limpios.
 - Estopa.
 - Agitadores.
- b) Equipo.
 - Brochas.

La selección del tamaño y tipo de brochas depende del área por recubrir. Las brochas redondas y ovaladas son las apropiadas para recubrir pernos, remaches y superficies irregulares.

Las brochas anchas y planas son las apropiadas para grandes superficies planas. Es recomendable que las brochas sean de cerda natural, que no tengan un ancho mayor de 12.7 cm y su longitud no exceda de 10 cm.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- Recipientes, deben ser los adecuados para contener el recubrimiento y facilitar la operación.
- Un termómetro de superficie y otro de inmersión, con 1 % de exactitud máxima, con escala mínima de (- 20 a 120) °C.
- Medidor de humedad relativa con escala de 30 % a 90 % como mínimo.
- Viscosímetro tipo copa "Zahn" o similar.
- Cronómetro.
- Medidor de espesor húmedo de (0 a 2 000) µm.
- Medidor de espesor seco de (0 a 1 000) µm mínimo con 10 % de exactitud máxima.

c) Equipo mínimo de seguridad.

- Mascarilla filtro con cartucho para vapores orgánicos para solventes, de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
- Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Guantes, de acuerdo a la especificación CFE H1000-17.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

En los recintos cerrados se debe contar además con:

- Extracción forzada con motores a prueba de explosión, (considerar que los vapores del solvente son más densos que el aire y por lo tanto tienden a concentrarse en la zona baja).
- Mascarilla con suministro de aire puro, de acuerdo con la especificación CFE H0000-33.
- Extintores A-B-C de acuerdo a la norma NOM-104-STPS.
- Medidores de nivel de concentración calibrados al solvente empleado.

Se debe cumplir con las normas de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

5.3.4.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- a) Delimitar el área de trabajo
- b) Verificar que la superficie esté preparada de acuerdo a lo especificado y no han transcurrido más de 4 h.
- c) Verificar que la temperatura de la superficie y del recubrimiento, así como la humedad estén dentro de los límites marcados en el inciso 5.3.2.
- d) Verificar la calibración del equipo de medición de espesor seco, al inicio de cada jornada.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- e) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad, para aplicar recubrimientos con brocha.
- f) Leer las instrucciones del proveedor del recubrimiento y acondicionarlo según inciso 5.3.3.2.
- g) Sumergir la brocha en el recubrimiento, no más del 50 % de la longitud de las cerdas.
- h) Aplicar el recubrimiento, primero a las irregularidades de la superficie y a las aristas.
- i) Pasar la brocha sobre el área que se recubre a un ángulo no mayor de 45 ° varias veces y en ambos sentidos, hasta producir una banda uniforme.
- j) Suavizar cualquier marca dejada por la brocha, efectuando ligeras pasadas sobre la banda recién aplicada.
- k) Una vez producida la banda con textura uniforme, la siguiente debe traslaparse un 50 % sobre la anterior y así sucesivamente hasta recubrir el área.
- l) Medir de inmediato el espesor húmedo de acuerdo al inciso 9.3.2.3 e).
- m) Medir el espesor seco en el área recubierta según el inciso 9.3.2.3 i) después de haber transcurrido el tiempo de secado duro indicado en la especificación CFE D8500-02.
- n) La siguiente capa de recubrimiento debe aplicarse perpendicularmente a la anterior.

5.3.4.4 Aceptación

Se acepta el trabajo cuando cumpla con lo establecido en el inciso 9.3.2.4 de esta especificación.

5.3.5 Aplicación con espátula (CFE-AE)

Es el procedimiento mediante el cual se aplican recubrimientos o revestimientos 100 % sólidos en pasta o muy viscosos utilizando espátula o llana.

5.3.5.1 Generalidades

Este método de aplicación requiere poco equipo y su aplicación es lenta, dependiendo de la habilidad del operador, geometría de la superficie y viscosidad del recubrimiento o revestimientos por lo que su utilización es especializada y única.

5.3.5.2 Materiales y equipo

- a) Materiales.
 - Recubrimientos o revestimientos.
 - Trapos limpios.
 - Estopa.
 - Agitadores.
- b) Equipo.

- Espátulas o llanas, deben ser de lámina de acero o de plástico, la selección del tipo y tamaño depende del área por recubrir, geometría de la misma y viscosidad del recubrimiento.
- Recipientes, deben ser adecuados para contener el recubrimiento o revestimiento y facilitar la operación.
- Termómetro de superficie con 1 % de exactitud máxima, con escala mínima de 0 °C a 120 °C.
- Medidor de humedad relativa portátil con escala de 30 % a 90 % como mínimo,
- Medidor de espesor húmedo de 0 µm a 2 000 µm.
- Medidor de espesor seco de 0 µm a 3 000 µm mínimo con un error máximo del 10 % de exactitud máxima.

c) Equipo mínimo de seguridad.

- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
- Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Guantes, de acuerdo a la especificación CFE H1000-17.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

En los recintos cerrados se debe contar además con:

- Extracción forzada con motores a prueba de explosión, (considerar que los vapores del solvente son más densos que el aire y por lo tanto tienden a concentrarse en la zona baja).
- Mascarilla con suministro de aire puro, de acuerdo con la especificación CFE H0000-33.
- Extintores A-B-C de acuerdo a la norma NOM-104-STPS.
- Medidores de nivel de concentración calibrados al solvente empleado.

Se debe cumplir con las normas de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

5.3.5.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- a)** Delimitar el área de trabajo.
- b)** Verificar que la superficie esté preparada de acuerdo a lo especificado y que no han transcurrido más de 4 h.
- c)** Verificar que la temperatura de la superficie y la humedad relativa estén dentro de los límites marcados en el inciso 5.3.2.
- d)** Verificar la calibración del equipo de medición de espesor seco al inicio de cada jornada.

- e) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para aplicación de recubrimiento o revestimiento con espátula.
- f) Leer las instrucciones del proveedor del recubrimiento y acondicionarlo según inciso 5.3.3.2.
- g) Aplicar el recubrimiento o revestimiento, primero a las irregularidades de la superficie y a las aristas.
- h) Aplicar el recubrimiento o revestimiento sobre el área, pasando la espátula sobre la superficie a un ángulo no mayor de 45 ° varias veces y en ambos sentidos, hasta producir una banda uniforme.
- i) Suavizar cualquier marca dejada por la espátula o llana, efectuando ligeras pasadas sobre la banda recién aplicada.
- j) Una vez producida la banda con textura uniforme, la siguiente debe traslaparse un 25 % sobre la anterior y así sucesivamente hasta recubrir el área.
- k) Medir de inmediato el espesor húmedo de acuerdo al inciso 9.3.2.3 e).
- l) Medir el espesor seco en el área recubierta, según el inciso 9.3.2.3 i) después de haber transcurrido el tiempo de secado duro indicado en la especificación CFE D8500-02.

5.3.5.4 Aceptación

Se acepta el trabajo cuando cumpla con lo establecido en el inciso 9.3.2.4 de esta especificación.

5.3.6 Aplicación con rodillo (CFE-AR)

Es el procedimiento mediante el cual se deposita un recubrimiento sobre la superficie, utilizando un rodillo.

5.3.6.1 Generalidades

Este método requiere poco equipo, es más rápido que la brocha, debido a que los rodillos tienen mayor poder de absorción.

Se recomienda cuando no sea posible utilizar el método de aspersión, en superficies planas, cercas de alambre y enrejados. La velocidad de aplicación es de (18 a 37) m²/h dependiendo de las características físicas del rodillo, habilidad del operador y geometría de la superficie.

5.3.6.2 Material y equipo

- a) Materiales.
 - Recubrimientos.
 - Solventes.
 - Trapos limpios.
 - Estopa.
 - Filtros de manta de cielo o mallas de abertura similar.
 - Agitadores.

b) Equipo.

- Rodillos.
- Los montados en eje flexible sirven para cubrir tuberías.
- Los de lanilla larga para cercas de alambre, enrejados y superficies rugosas.
- Los de lanilla corta para superficies lisas, así como para aplicar materiales que se endurecen en poco tiempo después de la aplicación.
- Charolas, deben ser las adecuadas para contener el rodillo seleccionado y el recubrimiento.
- Un termómetro de superficie y otro de inmersión, con 1 % de exactitud máxima, con escala mínima de (-20 a 120) °C.
- Viscosímetro tipo copa "Zahn" o similar.
- Cronómetro.

a) Medidor de espesor húmedo de (0 a 2 000) µm.

- Medidor de espesor seco de (0 a 1 000) µm mínimo, con 15 % de exactitud máxima.
- Medidor de humedad relativa portátil en escala de 30 % a 90 % como mínimo.

c) Equipo mínimo de seguridad.

- Mascarillas filtro con cartucho para solventes, de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
- Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Guantes, de acuerdo a la especificación CFE H1000-17.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

En recintos cerrados se debe contar con:

- Extracción forzada, con motores a prueba de explosión (considerar que los vapores del solvente son más densos que el aire y por lo tanto tienden a concentrarse en la zona baja).
- Mascarilla con suministro de aire puro, de acuerdo con la especificación CFE H0000-33.
- Extintores A-B-C de acuerdo a la norma NOM-104-STPS.
- Medidores de nivel de concentración de solventes en el aire y explosímetro calibrado a los solventes empleados.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

5.3.6.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- a) Delimitar el área de trabajo.
- b) Verificar que la superficie esté preparada de acuerdo a lo especificado y que no hayan transcurrido más de 4 h.
- c) Verificar que la temperatura de la superficie y del recubrimiento, así como la humedad, estén dentro de los límites marcados en el inciso 5.3.2.
- d) Verificar la calibración del equipo de medición de espesor seco al inicio de cada jornada.
- e) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para la aplicación de recubrimientos con rodillo.
- f) Leer las instrucciones del proveedor del recubrimiento y acondicionarlo, véase inciso 5.3.3.2.
- g) Impregnar uniformemente el rodillo con el recubrimiento, evitando escurrimientos.
- h) Aplicar sobre la superficie en un sólo sentido varias veces, hasta producir una banda uniforme.
- i) Una vez producida la banda con textura uniforme, la siguiente debe traslaparse un 50 % sobre la anterior y así sucesivamente hasta recubrir el área.
- j) Medir de inmediato el espesor húmedo de acuerdo al inciso 9.3.2.3 e).
- k) Medir el espesor seco en el área recubierta según el inciso 9.3.2.3 i) después de haber transcurrido el tiempo de secado duro indicado en la especificación CFE D8500-02.
- l) La siguiente capa de recubrimiento debe aplicarse perpendicularmente a la anterior.

5.3.6.4 Aceptación

Se acepta el trabajo cuando cumpla con el inciso 9.3.2.4 de esta especificación.

5.3.7 Aplicación por aspersión

Es el procedimiento mediante el cual se deposita un recubrimiento sobre la superficie, atomizándolo finamente.

5.3.7.1 Generalidades

Se requiere de equipo especializado y su velocidad de aplicación es alta (de 28 a 56 m²/h) comparada con la aplicación con brocha y rodillo, dependiendo del equipo, habilidad del operador y geometría de la superficie.

Es el método más recomendando para recubrir cualquier superficie, excepto en las que se requiera: gran humectación, retocar cavidades, orillas, cercas de alambre y enrejados.

Aunque existan otros tipos de aspersión, en esta especificación se consideran sólo dos:

- Aspersión por aire por presión con boquilla de mezcla externa.
- Aspersión sin aire.

Estos dos tipos de aspersión pueden aplicarse a superficies con altas o bajas temperaturas.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

5.3.7.2 Aspersión con aire (CFE-CA)

En este procedimiento el aire produce un vacío que succiona el recubrimiento (aspersión por succión) o forzándolo mediante presión hacia dentro de la boquilla (aspersión por presión) y posteriormente lo atomiza.

5.3.7.2.1 Generalidades

Se le conoce también como aspersión convencional. La velocidad de aplicación de este método es menor que la de aspersión sin aire.

5.3.7.2.2 Material y equipo**a) Materiales.**

- Aire seco y limpio.
- Recubrimientos.
- Trapos limpios.
- Estopa.
- Solventes (véase instrucciones del proveedor).
- Agitadores.
- Recipientes.
- Filtro de manta de cielo o mallas de abertura similar.

b) Equipo.

El equipo utilizado en el método por aspersión con aire es el indicado en la tabla 7.

TABLA 7 – Equipo utilizado en la aplicación de recubrimientos por aspersion con aire

Equipo	Especificación	Observaciones
Compresor	El tanque del compresor debe ser de (8 a 30) L por pistola, y debe dar una presión de 172 kPa a 1 029 kPa. Un gasto continuo mínimo de 0.71 m ³ /min. Debe estar equipado con válvula de salida de aire, regulador de presión y trampas de aceite y agua.	En recintos cerrados aumentar el gasto de aire en 0.625 m ³ /min por operador
Cronómetro	Convencional con medición mínima de 1 s.	----
Higrómetro o Psicrómetro	Medidor de humedad relativa portátil.	----
Manguera para el aire	La manguera debe ser de vinilo de neopreno y soportar una presión de trabajo de 1 029 kPa. El diámetro interior recomendado es de 0,8 cm si la longitud de la manguera no es mayor de 15 m. Para longitudes mayores, el diámetro debe ser mayor para evitar caídas de presión excesivas.	Consulte al proveedor del equipo
Manguera para el recubrimiento	Se recomienda un diámetro interior de 0.95 cm para recubrimientos que tengan una viscosidad menor de 0.6 Pa·s y la longitud de la manguera no sea mayor de 15 m. Si la longitud de la manguera es mayor, el diámetro interior debe aumentarse para evitar caídas de presión excesivas. Para viscosidades mayores a 0.6 Pa·s se recomienda utilizar un diámetro interior de 1.27 cm siempre y cuando la longitud de la manguera no sea mayor de 15 m. La manguera debe ser de neopreno y soportar una presión de trabajo de 690 kPa.	Solo cuando se utilice pistola de presión Consulte al proveedor del equipo
Medidor de espesor húmedo	De 0 μm a 2 000 μm.	Véase tabla 9
Medidor de espesor seco	De 0 μm a 1000 μm mínimo	Con una exactitud máximo del 10 %
Olla para el recubrimiento	Dependiendo de la superficie por recubrir la olla puede tener una capacidad de (2 a 57) L y contar con dos reguladores de presión, medidor de presión y agitador	Solo se utiliza en aspersion por presión
Pistola por aspersion	Se deben seguir las instrucciones del proveedor del recubrimiento en cuanto al tipo de pistola, tobera, aguja, boquilla y accesorios	----
Taza para el recubrimiento	Debe tener una capacidad de 1 dm ³	Solo se utiliza en aspersion por succión
Termómetros	Uno de superficie y otro de inmersión con escala mínima de (0 a 100) °C	Con una exactitud máxima de ± 1 °C
Viscosímetro	De campo (tipos “Zahn” u otros)	----

c) Equipo mínimo de seguridad.

- Mascarillas filtro con cartucho para vapores orgánicos para solvente, de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
- Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Guantes, de acuerdo a la especificación CFE H1000-17.
- Botiquín de primeros auxilios.

- Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.

En recintos cerrados se debe contar además con:

- Extracción forzada con motores a prueba de explosión, (considerar que los vapores del solvente son más densos que el aire y por lo tanto tienden a concentrarse en la zona baja).
- Mascarilla con suministro de aire puro, de acuerdo con la especificación CFE H0000-33.
- Extintores A-B-C de acuerdo a la norma NOM-104-STPS.
- Medidores de nivel de concentración de solventes en el aire y explosímetro calibrado a los solventes empleados.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en los centros de trabajo de CFE.

5.3.7.2.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- Delimitar el área de trabajo.
- Verificar que la superficie esté preparada de acuerdo a lo especificado y que no hayan transcurrido más de 4 h.
- Verificar que la temperatura de la superficie y del recubrimiento, así como la humedad relativa se encuentren dentro de los límites marcados en el inciso 5.3.2.
- Verificar la calibración del equipo de medición de espesor seco al inicio de cada jornada.
- Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para la aplicación de recubrimiento por aspersión con aire.
- Acondicionar el recubrimiento según inciso 5.3.3.2.
- Verificar que el equipo de aspersión esté completo y limpio.
- Colocar la malla para colar el recubrimiento y vaciarlo en la taza u olla. Cerrar la olla.
- Abrir el suministro de aire y regular la presión de la olla del recubrimiento de acuerdo a la viscosidad del mismo.
- Regular la abertura del abanico formado por el recubrimiento y la cantidad de material de acuerdo a la superficie por recubrir, haciendo pruebas de tal forma que la aplicación sea lo más eficiente posible, girando los tornillos de regulación de aire y fluido en la pistola.
- Recubrir la superficie pasando el abanico varias veces perpendicular y paralelamente a dicha superficie por recubrir, a una distancia de (15 a 20) cm y soltando el gatillo de la pistola de aspersión al final de cada pasada, hasta producir una banda uniforme.
- Una vez producida dicha banda, la siguiente debe traslaparse un 50 % sobre la anterior y así sucesivamente hasta recubrir el área.
- Medir de inmediato el espesor húmedo de acuerdo a lo indicado en el inciso 9.3.2.3, e).

- n) Medir el espesor seco en el área recubierta según el inciso 9.3.2.3, i) después de haber transcurrido el tiempo de secado duro indicado en la especificación CFE D8500-02.
- o) La siguiente capa de recubrimiento debe aplicarse perpendicularmente a la anterior.

5.3.7.2.4 Aceptación

Se acepta el trabajo cuando cumpla con el inciso 9.3.2.4 de esta especificación.

5.3.7.3 Aplicación por aspersión sin aire (CFE-SA)

En este método el recubrimiento es forzado a presión mediante una bomba hacia la boquilla donde se atomiza sin aire.

5.3.7.3.1 Generalidades

Es más rápido que el método de aspersión con aire. Se recomienda para grandes áreas y para recubrimientos que los requieran.

5.3.7.3.2 Material y equipo

- a) Materiales.
- Aire seco y limpio.
 - Recubrimientos que lo requieran.
 - Trapos limpios.
 - Estopa.
 - Solventes (véase instrucciones del proveedor).
 - Agitadores.
 - Recipientes.
 - Filtros de manta de cielo o mallas de abertura similar.
- b) Equipo.

El equipo utilizado en el método por aspersión sin aire es el indicado en la tabla 8.

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	ESPECIFICACIÓN CFE D8500-01
--	--

TABLA 8 – Equipo utilizado en la aplicación de recubrimientos por aspersión sin aire

Equipo	Especificaciones	Observaciones
Bomba	Puede ser eléctrica o neumática, capaz de suministrar una presión de descarga hasta de 6 864 kPa.	----
Compresor (solo para bomba neumática)	El tanque del compresor debe ser de (8 a 30) litros por pistola y debe dar una presión de (172 a 1 029) kPa. Un gasto continuo mínimo de 0.71 m ³ /min. Debe estar equipado con válvula de seguridad, medidor de presión, válvula de entrada de aire, válvula de salida de aire, regulador de presión y trampas de aceite y agua.	En recintos cerrados aumentar el gasto de aire en 0.65 m ³ /min por operador
Cronómetro	Convencional con medición mínima de 1 s	----
Higrómetro o psicrómetro	Medidor de humedad relativa portátil	----
Manguera de alta presión	Manguera revestida de "nylon" o teflón para una presión máxima de trabajo de 17 157 kPa y que resista 260 °C	La manguera revestida de teflón es más fácil de limpiar. Consulte al proveedor del equipo
Manguera para el aire (solo para bomba neumática)	La manguera debe ser de vinilo de neopreno y soportar una presión de trabajo de 1 029 kPa. El diámetro interior recomendado es de 0.8 cm si la longitud de la manguera no es mayor de 15 m. Para longitudes mayores, el diámetro debe ser mayor para evitar caídas de presión excesivas	Consulte al proveedor del equipo
Medidor de espesor húmedo	De 0 µm a 2 000 µm	Véase tabla 9
Medidor de espesor seco	De 0 µm a 1 000 µm mínimo	Con una exactitud máxima del 10 %
Pistola para aspersión sin aire	Se deben seguir las instrucciones del proveedor del recubrimiento en cuanto al tipo de boquilla.	----
Termómetros	Uno de superficie y otro de inmersión con escala mínima de 0 °C a 100 °C	Con una exactitud máxima de ± 1 °C
Viscosímetro	De campo (tipos copa "Zahn" u otros)	----

c) Equipo mínimo de seguridad.

- Tapabocas.
- Mascarillas filtro con cartucho para vapores orgánicos para solventes, de acuerdo a la especificación CFE H0000-33.
- Casco, de acuerdo a la especificación CFE 8H341-02.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Señales de seguridad, de acuerdo a la especificación CFE H1000-26.
- Gafas protectoras, de acuerdo a la especificación CFE H0000-09.
- Guantes, de acuerdo a la especificación CFE H1000-17.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

En recintos cerrados se debe contar además con:

- Extracción forzada con motores a prueba de explosión, (considerar que los vapores del solvente son más densos que el aire y por lo tanto tienden a concentrarse en la zona baja).
- Mascarilla con suministro de aire puro, de acuerdo con la especificación CFE H0000-33.
- Extintores A-B-C de acuerdo a la norma NOM-104-STPS.
- Medidores de nivel de concentración de solventes en el aire y explosímetro calibrado a los solventes empleados.

Se debe cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad e higiene establecidas en los centros de CFE.

5.3.7.3.3 Procedimiento

El supervisor de CFE verifica y el proveedor debe aplicar el procedimiento siguiente:

- a) Delimitar el área de trabajo.
- b) Verificar que la superficie esté preparada de acuerdo a lo especificado y no han transcurrido más de 4 h.
- c) Verificar que la temperatura de la superficie y el recubrimiento, así como la humedad relativa se encuentren dentro de los límites marcados en el inciso 5.3.2.
- d) Verificar la calibración del equipo de medición de espesor seco al inicio de cada jornada.
- e) Verificar que el operario revise y utilice el equipo de seguridad para la aplicación de recubrimientos por aspersión sin aire.
- f) Acondicionar el recubrimiento según inciso 5.3.3.2.
- g) Verificar que el equipo de aspersión esté completo y limpio.
- h) Regular el abanico formado por el recubrimiento y la cantidad de material de acuerdo a la superficie por recubrir, haciendo pruebas de tal forma que la aplicación sea lo más eficiente posible, ajustando la presión a la salida de la bomba.
- i) Recubrir la superficie pasando el abanico varias veces perpendicular y paralelamente a dicha superficie por recubrir a una distancia mayor a 20 cm y soltando el gatillo de la pistola de aspersión al final de cada pasada hasta producir una banda uniforme.
- j) Una vez producida dicha banda, la siguiente debe traslaparse un 50 % sobre la anterior y así sucesivamente hasta recubrir el área.
- k) Medir de inmediato el espesor húmedo de acuerdo a lo indicado en el inciso 9.3.2.3. e).
- l) Medir el espesor seco en el área cubierta según el inciso 9.3.2.3. i) después de haber transcurrido el tiempo de secado duro indicado en la especificación CFE D8500-02
- m) La siguiente capa de recubrimiento debe aplicarse perpendicularmente a la anterior.

5.3.7.3.4 Aceptación

Se acepta el trabajo cuando cumpla con el inciso 9.3.2.4 de esta especificación.

5.3.8 Otros procedimientos

En casos especiales la utilización de otros tipos de aplicación de recubrimientos como:

- a) Electrodepósito (electroforesis).
- b) Electroestático.
- c) Inmersión.
- d) Cama fluidizada.
- e) Flama

Debe ser indicado por el área usuaria en Características **Particulares**.

6 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las recomendaciones de sistemas de recubrimientos para cada condición de operación, se indican en las tablas 12 para superficies de acero al carbón y hierro fundido, 13 para superficie de acero galvanizado y 14 para superficie de concreto, yeso y aplanado, de esta especificación.

7 CONDICIONES DE DESARROLLO SUSTENTABLE

7.1 Generalidades

Es política de CFE la protección ambiental, por lo que en todas las actividades que desarrolla, evita o reduce en la medida de lo posible, los impactos que de ellas se deriven.

Por lo anterior, la selección de solventes abrasivos y recubrimientos anticorrosivos, se realiza tomando en cuenta la disponibilidad de estos productos en el mercado, utilizando aquéllos que cumplen con las especificaciones técnicas, para el uso correspondiente y los que impactan en menor grado el ambiente.

7.2 Procedimiento

En las actividades de limpieza, preparación de superficies, aplicación y disposición de los recubrimientos anticorrosivos se generan residuos, peligrosos y ocasionalmente aguas residuales tipo industrial, lo cual debe estar regulado por la normativa ambiental correspondiente.

Para cumplir con lo establecido en la legislación ambiental para el manejo integral de los residuos peligrosos generados, se debe aplicar la siguiente normativa según aplique:

- a) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- b) Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
- c) Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- d) Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- e) NOM-052-SEMARNAT.

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	ESPECIFICACIÓN CFE D8500-01
--	--

- f) NOM-003-SCT.
- g) NOM-004-SCT.
- h) NOM-007-SCT.
- i) NOM-028-SCT.
- j) NOM-043-SCT.
- k) NOM-001-SEMARNAT.
- l) NOM-002, SEMARNAT.

8 CONDICIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

El proveedor debe dar cumplimiento de la normativa correspondiente a las condiciones y requisitos de seguridad industrial, que se deben atender durante las etapas de transportación, entrega y manejo de materiales, condiciones de almacenaje, preparación de superficie, aplicación de recubrimientos anticorrosivos y disposición de los residuos.

Se debe considerar lo siguiente:

- a) Prácticas generales de seguridad e higiene.
- b) El contar y utilizar apropiadamente los equipos de seguridad y protección personal, descritos en el texto de esta especificación.

Si el proveedor no cumple con cualquiera de estos requisitos, el supervisor de CFE tiene la facultad de suspender los trabajos que se estén llevando a cabo, informando al responsable de los trabajos los motivos de la suspensión, los cuales se continuarán una vez que cumplan con estos requisitos.

Se debe cumplir con las normas siguientes:

- a) NOM-001-STPS.
- b) NOM-006-STPS.
- c) NOM-011-STPS.
- d) NOM-017-STPS.
- e) NOM-030-STPS.
- f) NOM-113-STPS.
- g) NOM-115-STPS.
- h) NOM-116-STPS.
- i) NOM-047-SSA1.
- j) CFE H1000-17.

9 CONTROL DE CALIDAD**9.1 Generalidades**

Para asegurar la calidad de los sistemas de recubrimientos anticorrosivos, se debe aplicar lo siguiente:

- a) Control de calidad del producto.
- b) Control de calidad en la aplicación de sistemas de recubrimientos.
- c) Supervisión posterior periódica.

9.2 Control de Calidad del Producto**9.2.1 Muestreo**

El proveedor debe notificar a la Gerencia del LAPEM de CFE en el plazo establecido en las bases de licitación, para efectuar el control de calidad del producto. Cada lote de producto debe muestrearse de acuerdo a lo establecido en la norma NMX-U-040-SCFI.

9.2.2 Pruebas de aceptación

Debe verificarse mediante análisis de un laboratorio acreditado o en el laboratorio del fabricante con atestiguamiento y muestreo de LAPEM que cada lote de producto cumpla con lo indicado en las especificaciones CFE L0000-15 para selección de color en acabados y con la CFE D8500-02 para la selección del sistema de recubrimientos en los siguientes conceptos: % de pigmento, % de vehículo, sólidos totales en volumen, sólidos totales en masa, densidad, viscosidad, tiempo de secado al tacto, tiempo de secado duro y cuando aplique, fineza de molido, partículas gruesas, agua libre, resistencia al impacto, brillo, dureza, flexibilidad, adherencia, flujo en plato inclinado y retención en malla, lo anterior es indicativo mas no limitativo.

9.2.3 Aceptación o rechazo

Se acepta el lote de productos cuando una muestra cumple con lo establecido en las especificaciones CFE D8500-02 y CFE L0000-15. En caso contrario, se rechaza.

De los datos del muestreo y de los resultados del análisis debe enviarse copia al sitio para consultas posteriores.

9.3 Control de Calidad en la Aplicación de Sistemas de Recubrimientos**9.3.1 Preparación de superficie****9.3.1.1 Generalidades**

Se deben acordar con el proveedor, los programas de trabajo para la preparación de superficies y aplicación del recubrimiento, atendiendo a las condiciones ambientales diarias locales.

Debe verificarse que los trabajos se realicen de acuerdo a esta especificación, vigilando que:

- a) Se conserven en buen estado los patrones de referencia locales de preparación de superficie durante los trabajos.
- b) Se compruebe al inicio de la jornada como mínimo, el estado de los materiales y equipos utilizados, desechando aquellos que no cumplan eficientemente con su función.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

9.3.1.2 Material y equipo

- a) Patrones de referencia de acuerdo a la norma ISO 8501-1.
- b) Patrones de profundidad de perfil de anclaje y lupa 5X como mínimo, con iluminación.
- c) Cinta de réplica y micrómetro plano en exactitud mínima de 2.5 μm .
- d) Medidor de humedad relativa portátil.
- e) Termómetro de superficie de (0 a 100) °C mínimo con exactitud máxima de ± 1 °C.
- f) Termómetro ambiental de (0 a 100) °C mínimo con exactitud máxima de ± 1 °C.

Se requiere que estos equipos cuenten con su calibración vigente certificada.

9.3.1.3 Limpieza con solventes

Se acepta la superficie como limpia cuando no se aprecien en ella sustancias grasosas, polvos y otros contaminantes similares. La comprobación de lo anterior, se hace frotando un trapo blanco limpio (que no deje pelusa) sobre la superficie. Cualquier suciedad observada en el trapo, es causa de rechazo.

Debe verificarse que las partes de difícil acceso tales como rincones, juntas, esquinas y hendiduras estén limpias.

En las superficies rechazadas debe repetirse el procedimiento de limpieza.

9.3.1.4 Limpieza con detergentes

Debe cumplirse con lo indicado en el inciso 9.3.1.3.

9.3.1.5 Limpieza con álcalis

Debe cumplir con lo indicado en el inciso 9.3.1.3.

9.3.1.6 Limpieza con agua

Se acepta la superficie como limpia cuando no se aprecian en ella polvos, sales y lodo.

Debe verificarse que las partes de difícil acceso tales como rincones, juntas, esquinas y hendiduras estén limpias, en caso contrario se rechaza.

En las superficies rechazadas debe repetirse el procedimiento de limpieza.

9.3.1.7 Preparación manual

Se acepta la preparación cuando tenga una superficie comparable a la superficie patrón, véase inciso 5.2.6.3.1 en caso contrario se rechaza.

En las superficies rechazadas debe repetirse el procedimiento de preparación.

9.3.1.8 Preparación motorizada

Se acepta la preparación cuando tenga una superficie comparable a la superficie patrón, véase inciso 5.2.7.3.1 en caso contrario se rechaza.

En las superficies rechazadas debe repetirse el procedimiento de preparación.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

9.3.1.9 Preparación con abrasivos a presión**9.3.1.9.1 Verificación de materiales**

- a) Verificar al inicio y la mitad de la jornada que el aire de suministro a los trabajadores esté exento de contaminantes que puedan ocasionar problemas a su salud. Para ello se debe contar con un sistema de purificación de aire mediante filtros de carbón activado.
- b) En lo que se refiere al aire a presión para la preparación de superficies, verificar su limpieza al inicio y a la mitad de la jornada por medio del procedimiento siguiente: sopletar directamente sobre un trapo limpio blanco durante un minuto y observar si en la tela dejó traza visible de sustancias grasosas, polvo o humedad en cuyo caso deben realizarse las acciones necesarias para evitar el o los contaminantes.
- c) Verificar al inicio de cada jornada la pureza del abrasivo, tomando un puño de abrasivo y colocarlo en un recipiente transparente que contenga aproximadamente 250 ml de agua desmineralizada y agitarlo, esperar a que se asiente el abrasivo y observar que el agua no presente turbiedad, partículas diferentes al abrasivo, ni presencia de aceite en la superficie. La conductividad del agua no debe variar al agregar el abrasivo.
- d) No se permite reutilizar la arena cuando se emplee como abrasivo.

9.3.1.9.2 Aceptación o rechazo

- a) Inspeccionar visualmente la superficie, revisando con más cuidado las irregularidades de la misma, tales como cavidades, soldaduras, esquinas, aristas y áreas corroídas en exceso.

Se acepta la preparación cuando tenga una apariencia comparable a la superficie patrón, véase inciso 5.2.8.3.1, en caso contrario se rechaza.
- b) Una vez preparada la superficie, medir el perfil de anclaje con lámpara comparadora o cinta de réplica, el cual no debe ser menor de 25 μm , o bien, un tercio del espesor seco del sistema completo por aplicar, pero no mayor que el espesor seco del primario. Si no cumple con lo establecido se rechaza.
- c) En las superficies rechazadas debe repetirse el procedimiento de preparación indicado en el inciso 5.2.8.

9.3.1.10 Preparación con agua a presión

Se acepta la preparación de superficie cuando tenga una apariencia comparable a la superficie patrón, véase inciso 5.2.9.3.1, en caso contrario se rechaza.

En las superficies rechazadas debe repetirse el procedimiento de preparación.

9.3.1.11 Preparación con agua a ultra alta presión

Se acepta la preparación de superficie cuando tenga una apariencia comparable a la superficie patrón, véase inciso 5.2.10.3.1, en caso contrario se rechaza.

En las superficies rechazadas debe repetirse el procedimiento de preparación.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

9.3.1.12 Preparación con agua a ultra alta presión con abrasivos

9.3.1.12.1 Verificación de materiales

- a) Verificar al inicio de cada jornada la pureza del abrasivo, tomando un puño de abrasivo y colocarlo en un recipiente transparente que contenga aproximadamente 250 ml de agua desmineralizada y agitarlo, esperar a que se asiente el abrasivo y observar que el agua no presente turbiedad, partículas diferentes al abrasivo, ni presencia de aceite en la superficie. La conductividad del agua no debe variar al agregar el abrasivo.
- b) No se permite reutilizar la arena cuando se emplee como abrasivo.

9.3.1.12.2 Aceptación o rechazo

- a) Inspeccionar visualmente la superficie revisando con más cuidado las irregularidades de la misma, tales como cavidades, soldaduras, esquinas, aristas y áreas corroídas en exceso.

Se acepta la preparación cuando tenga una apariencia comparable a la superficie patrón, véase inciso 5.2.11.3.1, en caso contrario se rechaza.

- b) Una vez preparada la superficie, medir el perfil de anclaje con lámpara comparadora o cinta de réplica, el cual no debe ser menor de 25 μm , o bien un tercio del espesor seco del sistema completo por aplicar, pero no mayor que el espesor seco del primario. Si no cumple con lo establecido se rechaza.
- c) En las superficies rechazadas debe repetirse el procedimiento de preparación indicado en el inciso 5.2.11.

9.3.1.13 Preparación química

Se acepta la preparación de superficie cuando tenga una apariencia comparable a la superficie patrón véase inciso 5.2.12.3.1, en caso contrario se rechaza.

En las superficies rechazadas, debe repetirse el procedimiento de preparación.

9.3.1.14 Informe

El proveedor o contratista debe informar al supervisor de CFE el resultado de la preparación de superficie, mediante los formatos 1 y 2 del Apéndice B y el formato del apéndice C.

9.3.2 Supervisión de la aplicación de los recubrimientos

9.3.2.1 Generalidades

- a) Verificar que los trabajos se realicen de acuerdo a los procedimientos establecidos en el punto 5.3 de esta especificación.
- b) Comprobar al inicio de cada jornada como mínimo el estado de los materiales y equipos utilizados, desechando y sustituyendo aquellos que estén fuera de especificación, presenten desgaste excesivo o pérdida de sus propiedades.

9.3.2.2 Material y equipo

- a) Medidor de espesor húmedo de 0 μm a 2 000 μm .
- b) Medidor de espesor seco de 0 μm a 1 000 μm mínimo con una exactitud máxima de 10 %.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	ESPECIFICACIÓN CFE D8500-01
--	--

63 de 103

- c) Peine de ranuras de 1 mm de separación entre navajas para espesores hasta 50 μm y de 2 mm de separación para espesores de (50 a 125) μm y de 3 mm de separación para espesores de (125 a 300) μm y hoja de rasurar bien afilada y que tengan un ángulo de corte entre 15 ° y 30 °.
- d) Detector de poros de 9 V para espesores menores de 300 μm y 67 V entre (300 y 500) μm .
- e) Detector de poros de chispa con alta tensión para espesores mayores de 500 μm (véase la tabla 9A, o aplíquese la siguiente fórmula: $TP = 250\sqrt{E}$).

Donde: TP = Tensión de prueba del detector de poros en V.

E = Espesor promedio de recubrimiento en μm .

TABLA 9A - Tensión de prueba del detector de poros de acuerdo al espesor del recubrimiento

Espesor del recubrimiento (μm)	Tensión de prueba (kV)
600	6.1
800	7.0
1 000	8.0
1 500	9.7
2 500	12.5
3 000	13.7
4 000	15.8
5 000	17.7
10 000	25.0

NOTA: Donde se encuentren poros, señálelos para su reparación.
Para sistemas que incluyan primarios ricos en cinc, no aplica la detección de poros.

- f) Un termómetro de superficie y otro de inmersión con $\pm 1\%$ de exactitud, con escala mínima de (0 a 120) °C.
- g) Cinta adhesiva transparente de 25 mm de ancho.
- h) Medidor de humedad relativa portátil con escala de (30 a 90) % como mínimo.
- i) Regla metálica graduada.

Se requiere que estos equipos cuenten con su calibración vigente certificada.

9.3.2.3 Supervisión de la aplicación de primario, intermedio y acabado

Si en la aplicación de primario, intermedio y acabado no se cumple con lo establecido en los párrafos siguientes, debe ser rechazado.

- a) Verificar que se efectúe el acondicionamiento del recubrimiento según inciso 5.3.3.2.
- b) Verificar que la temperatura de la superficie, del recubrimiento, así como la humedad relativa estén dentro de los límites marcados en el inciso 5.2.8.3.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- c) Verificar que antes de la aplicación de cada capa de recubrimiento, las superficies estén limpias y libres de sustancias contaminantes sueltas.
- d) Verificar que el tiempo transcurrido entre la preparación de las superficies y la aplicación de la primera capa de recubrimiento no sea mayor de 4 h, para superficies preparadas con abrasivos a presión; para los otros tipos de preparaciones, debe ser dentro de la misma jornada de trabajo.
- e) Verificar que el aplicador realice mediciones periódicas de espesor húmedo, debiendo estas concordar con lo especificado.

Para conocer el valor del espesor húmedo recomendado, aplicar la tabla 9 o la siguiente ecuación:

$$H = \frac{S(100 + D)}{V}$$

Donde: V = % de sólidos en volumen.

H = espesor húmedo en μm .

S = espesor seco en μm .

D = % de dilución.

TABLA 9 – Cálculo del espesor húmedo a partir del porcentaje de sólidos en volumen y del espesor seco

Por ciento de sólidos por volumen	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %
Espesor seco (μm)	Espesor húmedo (μm)									
25	25	28	31	36	42	50	63	83	125	250
50	50	56	63	71	83	100	125	167	250	500
75	75	83	94	107	125	150	188	250	375	750
100	100	111	125	143	167	200	250	333	500	1 000
125	125	139	156	179	208	250	313	417	625	1 250
150	150	167	188	214	250	300	375	500	750	1 500
175	175	194	219	250	292	350	438	583	875	1 750
200	200	222	250	286	333	400	500	667	1 000	2 000
225	225	250	281	321	375	450	563	750	1 125	2 250
250	250	278	313	357	417	500	625	833	1 250	2 500
275	275	306	344	393	458	550	688	917	1 375	2 750
300	300	333	375	429	500	600	750	1 000	1 500	3 000

- f) Determinar el tiempo de secado duro de cada capa y verificar si cumple con lo indicado en la especificación CFE D8500-02.
- g) Verificar que se respete el tiempo mínimo que debe transcurrir entre la aplicación de cada capa de acuerdo a lo indicado por el proveedor del recubrimiento.
- h) Inspeccionar la apariencia de cada capa verificando que sea uniforme y que no presente alguno de los defectos indicados en la tabla 11.

TABLA 10 – Clasificación de la prueba de adherencia

Clasificación	Concepto
5A	Sin desprendimiento
5B	Sin desprendimiento
4A	Trazas desprendidas o remoción a lo largo del corte
4B	Pequeñas hojuelas con desprendimiento en las intersecciones menores del 5 % del área afectada
3A	Desprendimiento a lo largo de las incisiones hasta 1.6 mm en cualquier lado partiendo del punto de intersección
3B	Pequeñas hojuelas del recubrimiento se desprenden a lo largo de los cortes y puntos de intersección, el área afectada es del (5 al 15) %
2A	Desprendimiento a lo largo de las incisiones hasta 3.2 mm en cualquier lado partiendo del punto de intersección
2B	Pequeñas hojuelas del recubrimiento se desprenden a lo largo de los cortes y puntos de inserción, el área afectada es del (15 al 35) %
1A	Eliminación del recubrimiento en la mayoría del área de la "X" bajo la cinta adhesiva
1B	Pequeñas hojuelas del recubrimiento, se desprende a lo largo de los cortes y puntos de intersección, el área es del (35 al 65) %
0A	Eliminación del recubrimiento más allá de la "X"
0B	El área desprendida es mayor a 65 %

Clasificación	% Área removida	Desprendimiento del recubrimiento en la prueba de adherencia de corte cuadrículado (ejemplo para 6 cortes paralelos)
5B	0 %	
4B	5 % <	
3B	5 % – 15 %	
2B	15 % – 35 %	
1B	35 % – 65 %	
0B	> 65 %	

FIGURA 3 – Clasificación de la prueba de adherencia por el método “B”

TABLA 11 – Fallas en los recubrimientos, causas y recomendaciones para corregirlas

Defecto	Causa	Prevención	Corrección
Ampollamiento referencia [6]	Solvente atrapado; superficie contaminada con sal, grasa, aceite, óxido, humedad, exceso de corriente de protección catódica o en condiciones de inmersión	Ventilación en áreas encerradas para acelerar la liberación del solvente; adecuada limpieza o preparación de la superficie; niveles adecuados de protección catódica	Remueva las áreas ampolladas y vuelva a recubrir
Arrugamiento	Demasiado espesor y/o clima muy caluroso, especialmente con recubrimientos a base de aceite	Adecuada relación de mezcla. Aplicación y curado de los recubrimientos.	Raspe lo rugoso y aplique una capa delgada de recubrimiento; evite exposición intensa a la luz del sol
Brillo desigual	Espesor de la película no uniforme; humedad en la película; cambio de temperatura durante el curado; o recubrimiento aplicado sobre un recubrimiento blando o sin secar	Espesor de película uniforme, temperatura del sustrato uniforme y evitar humedad en el sustrato	Dejar secar y aplicar otra capa de acabado bajo condiciones adecuadas de humedad
Caleo referencia [3]	Degradación de la resina del recubrimiento, dejando residuos sueltos; especialmente se presenta en recubrimientos delgados, epóxicos y sustratos donde polvo se remueve frecuentemente	Evitar si es posible la radiación solar o aplicar sobre el recubrimiento una capa de poliuretano	Eliminar el polvo suelto y aplicar un recubrimiento final que sea resistente al caleo
Cáscara de naranja	Recubrimiento muy viscoso; pistola de aspersión muy cercana al sustrato; evaporación del solvente demasiado rápido; o presión del aire muy baja para una adecuada atomización	Reducir la viscosidad del recubrimiento, uso del solvente de evaporación más lenta, alejar más la pistola de aspersión o aumentar la presión de aire	Antes de que seque elimine con cepillo, el exceso de pintura y modifique las condiciones de la aspersión. Después de que ha secado prepare la superficie y vuélvase a recubrir
Cráteres	Bolsas de aire atrapado en películas húmedas durante la aspersión que estalla mientras el recubrimiento va secando	Regular el flujo de aire de la pistola de aspersión para evitar aire atrapado. Adicione el adelgazador recomendado por el fabricante	Desvanezca el acabado y aplique capas adicionales de recubrimiento
Cristalizado	Temperatura del sustrato mayor a la que soporta el recubrimiento aplicado	Aplique recubrimiento cuando el sustrato tenga una temperatura menor a 50° C	Quitar el recubrimiento y aplicar uno que resista esa temperatura
Cuartheaduras referencia [4]	Flexibilidad del recubrimiento limitado; capa muy gruesa; o aplicado a alta temperatura	Usar recubrimiento formulado correctamente	Prepare la superficie eliminando el recubrimiento desprendido y vuelva a recubrir

continúa...

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

68 de 103

...continuación

Defecto	Causa	Prevención	Corrección
Daño por vegetales	Cirrópados, entre otros, penetrando recubrimientos blandos; la masa de los vegetales pela el recubrimiento con mala adherencia	Usar recubrimientos elastoméricos de silicón	Elimine y reemplace el recubrimiento con una o más capas de recubrimiento flexible o elástico, utilice recubrimientos antivegetativos
Decoloración	Degradación por la luz ultravioleta, o humedad detrás del recubrimiento	Usar un recubrimiento que resista la radiación UV o con pigmentos de color estable	Recubra de nuevo y evite fuentes posibles de humedad
Desprendimiento referencia [3]	Incompatibilidad entre recubrimientos; superficie contaminada o con condensación; exceso de tiempo para aplicar el acabado; contracción de los recubrimientos durante el curado o por intemperismo	Asegúrese de que la superficie esté limpia, seca y libre de contaminantes y que la superficie se haya preparado correctamente. El acabado debe ser compatible con el primario	Prepare la superficie eliminando el recubrimiento desprendido y vuélvase a recubrir
Erosión referencia [5]	Daño físico por abrasión causado principalmente por la lluvia, viento y arena	Usar un recubrimiento resistente a la abrasión o proteger a la estructura de los agentes abrasivos	Limpie la superficie de contaminantes y repare las partes erosionadas con algún recubrimiento resistente a la abrasión/erosión
Escurrimiento	Pistola de aspersion muy cercana al sustrato; exceso de recubrimiento; exceso de solvente o superficie demasiado pulida para sostener a la pintura. Falta de agente curador, problemas de formulación del recubrimiento	Preparar correctamente el recubrimiento, que el espesor seco sea el correcto y que la superficie tenga el perfil de anclaje adecuado. Verificar que la distancia de la pistola de aspersion al sustrato sea la adecuada	Antes de que seque, cepille el exceso de pintura y modifique las condiciones de aspersion. Después de que se ha secado, prepare la superficie y vuélvase a recubrir en las áreas defectuosas
Grietas véase referencia [4] y [5]	Encogimiento; flexibilidad limitada; espesor muy grueso (especialmente en recubrimientos ricos en cinc); o aplicación/curado a muy altas temperaturas	Usar el sistema de recubrimiento apropiado. Adecuada técnica de aplicación y el espesor seco sea el correcto	Prepare la superficie nuevamente eliminando completamente el recubrimiento y vuélvase a recubrir
Herrumbre referencia [2]	Formación de productos de corrosión donde el acero está expuesto, que trasminan y levantan al recubrimiento	Espesor adecuado y dar mantenimiento	Detección a tiempo de defectos con el detector de poros y corregirlos; uso de primarios con pigmentos inhibidores
Manchado	Lavado prematuro del recubrimiento; uso de limpiadores no aprobados; salpicadura de solventes o sustancias agresivas	Use pigmentos de color estable con un sistema que soporte contaminantes químicos	Líjese el área afectada y vuélvase a recubrir

Continúa...

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

69 de 103

...continuación

Defecto	Causa	Prevención	Corrección
Moho	Crecimiento de microorganismos, especialmente en humedad, recubrimientos en sombra, desfigurándolos y degradándolos	Disminuir la humedad relativa. Uso de recubrimientos con fungicidas.	Limpie y aplique una capa de acabado
Ojos de pescado	Aplicación sobre aceite, suciedad, silicón o recubrimiento incompatible	Asegúrese que la superficie esté limpia, libre de aceite, grasas, silicón u otros contaminantes	Prepare la superficie; aplique con brocha una capa y posteriormente el acabado
Puntos de alfiler	Solvente o aire atrapado en el recubrimiento cuando el sustrato es poroso como en los inorgánicos de cinc o recubrimientos aplicados por metalizado. Insuficiente atomización del recubrimiento, atomización gruesa, pigmento asentado, temperatura alta del metal o solvente incorrecto	Uso del solvente de evaporación más lenta y que la temperatura de la superficie sea menor a 50 ° C. Verificar el equipo de aspersión y la distancia de la pistola a la superficie	Si no se ha secado, cepille el recubrimiento y aplique una capa adicional. Si ya secó, aplique una capa adicional
Ruborización	Condensación de agua en alta humedad relativa con evaporación rápida o adelgazador desbalanceado en aplicación por aspersión	Aplicar el recubrimiento bajo condiciones ambientales adecuadas.	Prepare la superficie y vuélvase a recubrir con un retardador adicionado al adelgazador y que la humedad relativa sea menor a 80 %
Sobrerrociado	Las partículas que llegan a la superficie no tienen un buen nivel de humectación debido a una rápida evaporación del solvente; o partículas de pintura caen fuera del patrón de la aspersión	Uso correcto del equipo de aplicación y las técnicas. Use un solvente de secado lento.	Antes de que seque, elimine con cepillo el sobrerrociado siguiendo un frotado con solvente. Después de que ha secado, prepare la superficie y vuelva a recubrir

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



FIGURA 4 - Ampollas



FIGURA 5 - Arrugamiento



FIGURA 6 - CUARTEADURAS



FIGURA 7 - Cráteres



FIGURA 8 - Decoloración



FIGURA 9 - Desprendimiento



FIGURA 10 - Esgurrimiento

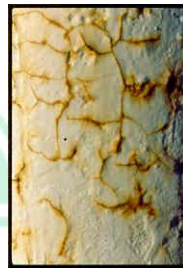


FIGURA 11 - Grietas



FIGURA 12 - Herrumbre



FIGURA 13 - Manchado

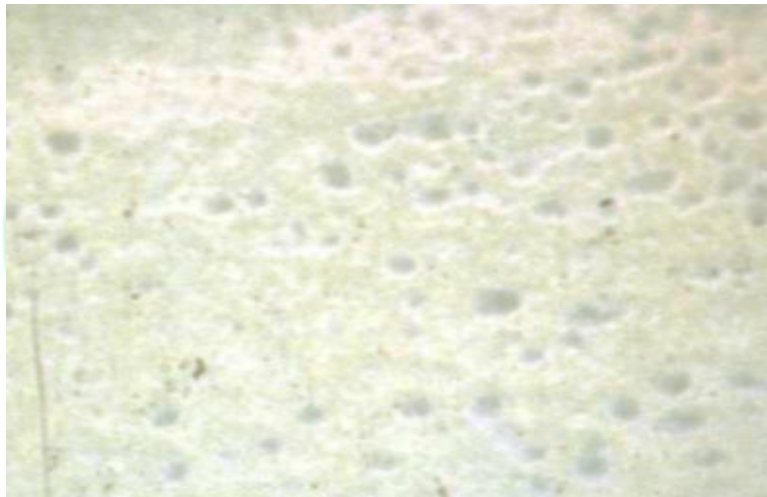
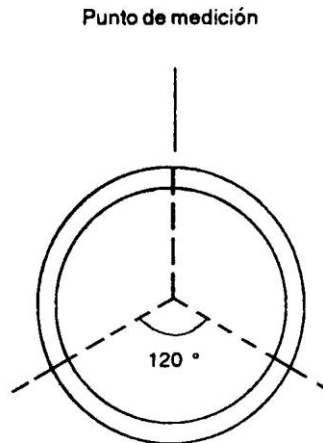


FIGURA 14 - Ojo de pescado

- i) Medir el espesor seco de primario, intermedio y acabado de acuerdo a los lineamientos siguientes:
- Para superficies extensas (tanques, paredes y tuberías de gran diámetro) una medición cada 2 m².
 - Para piezas pequeñas (herrajes, interruptores, bombas y tuberías pequeñas) tres mediciones por cada pieza.
 - Para perfiles laminados (ángulos, vigas H y otros) una medición por cada cara, por cada 2 m de longitud, considerando las soldaduras como caras adicionales.
 - Cuando se trate de tuberías, los puntos de medición deben ser como se indica en la figura 4.



Puntos de medición

Puntos de medición

FIGURA 15 – Puntos de medición de tuberías

- Cuando se detecten espesores fuera de lo especificado se debe aumentar el número de mediciones hasta delimitar el área rechazada, para su corrección.
 - Registrar los valores obtenidos utilizando los formatos 1 y 2 del Apéndice B.
 - Cuando se observen áreas con espesores fuera de lo especificado se pueden hacer mediciones en otros puntos.
- j) Seleccionar los puntos de prueba al azar, en función del área total recubierta, del tipo de estructura y equipo a inspeccionar, la adherencia del sistema completo o del primario según sea el caso.

Para la prueba de adherencia se debe utilizar un peine de ranuras u hoja de rasurar bien afilados y que tengan un ángulo de corte entre 15 ° y 30 °, una regla metálica con graduación, una cinta adhesiva translúcida sensible a la presión de 25 mm de ancho con una fuerza de adhesión de $10\text{ N} \pm 1\text{ N}$ y un borrador blando como el del final de un lápiz. Si el espesor del recubrimiento es menor de 50 μm , se debe realizar un corte cuadrículado con 1 mm de separación y 11 cortes por lado. Si el espesor del recubrimiento está entre 50 μm y 125 μm , se debe realizar un corte cuadrículado con 2 mm de separación y 6 cortes por lado. Si el espesor del recubrimiento está entre 125 μm y 300 μm , se realiza un corte cuadrículado con 3 mm de separación y 6 cortes por lado. Finalmente si el espesor del recubrimiento está entre 300 μm y 500 μm realizar un corte "X", de 40 mm cada lado y un ángulo entre cortes de 30 ° a 45 °. Todos los cortes se deben realizar en una sola pasada de la herramienta de corte y debe llegar hasta el metal.

Para todos los casos, cortar un pedazo aproximadamente de 75 mm de longitud de la cinta adhesiva y el centro de la cinta, colocarla en la zona de cortes y en el caso del corte en "X", debe colocarse en la dirección de los ángulos pequeños. Con ayuda del borrador, frote la cinta hasta que se adhiera bien a la superficie; esto se nota por el cambio de color de la cinta.

En un intervalo de (60 a 120) s después de haber aplicado la cinta, retírela jalándola rápidamente a un ángulo lo más cercano posible a 180 °.

Inspeccione el área de corte evaluando el recubrimiento desprendido y clasifique la prueba de adherencia de acuerdo a la tabla 10, donde A corresponde al corte "X" y B corresponde al corte

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

cuadrulado. Adicionalmente, la figura 3 muestra la clasificación para la prueba de adherencia para el corte cuadrulado.

Cuando el espesor del sistema de recubrimientos es mayor a 500 μm la prueba de adherencia debe ser de "pull off" de acuerdo a la norma ISO 4624. Esta prueba no aplica para poliuretanos.

Es importante que esta prueba se efectúe cuando menos después de 7 días de haberse realizado la aplicación del recubrimiento. Cuando el sistema de recubrimientos contenga inorgánico de cinc no es válida; en este caso vigilar más estrictamente la preparación de la superficie y la humedad relativa.

Reparar las áreas dañadas por las pruebas de adherencia.

La cinta adhesiva de la prueba de adherencia se debe conservar en los registros de la institución que elabore la prueba. Que deben ser entregados a CFE.

- k) Para el caso de sistemas de recubrimientos en contacto continuo con agua, en el interior de tanques y exterior de tuberías enterradas, buscar poros preferentemente de aristas, esquinas y lugares poco accesibles con el detector de poros de acuerdo al inciso 9.3.2.2 d) y e) de esta especificación.

9.3.2.4 Aceptación o rechazo

Cuando se observen áreas con espesores fuera de lo especificado se deben hacer mediciones en otros puntos.

- a) El valor mínimo puntual aceptable de espesor del recubrimiento debe ser superior al 75 % del valor promedio especificado.
- b) El número de mediciones con valores de espesor seco arriba de lo especificado debe ser mayor que el número de mediciones con valores abajo del promedio aceptable de espesores secos del recubrimiento.
- c) El valor máximo debe ser el 125 % del valor especificado. En caso de ser mayor queda a criterio del supervisor de CFE la aceptación o el rechazo de acuerdo al tipo de recubrimiento aplicado.
- d) El valor máximo puntual aceptable de espesor seco del recubrimiento, queda a criterio del supervisor de CFE de acuerdo al tipo de recubrimiento aplicado.
- e) Para la prueba de adherencia, en caso de que la calificación sea menor de 4 (cuatro) se debe rechazar el sistema de recubrimiento para superficies nuevas y para mantenimiento, la calificación no debe ser menor de 3 (tres), (véanse tabla 10 y figura 3).
- f) Las pruebas de adherencia solo se deben realizar a recubrimientos aplicados sobre superficies metálicas.

9.3.2.5 Informe

El proveedor o contratista debe informar al supervisor de CFE el resultado de la aplicación del sistema de recubrimientos, mediante los formatos 1 y 2 del Apéndice B y formato del apéndice C.

Se deben dejar registros de los sistemas de recubrimientos aplicados en las áreas representativas de la obra conteniendo la siguiente información:

- a) Preparación de superficie (utilizar la clave de designación de la tabla 2 de esta especificación).

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

- b)** Producto y proveedor del primario, intermedio y acabado (utilizar las claves de designación de la especificación CFE D8500-02).
- c)** Fecha de aplicación (mes y año).

Se debe llevar una bitácora con todos los hechos ocurridos desde el inicio de la obra hasta su aceptación final y que debe permanecer en el sitio.

9.4 Supervisión Posterior Periódica

Antes o a la par con la supervisión, deben recopilarse los registros en la bitácora de la obra, o demás documentos que ayuden a identificar el tipo genérico de los recubrimientos existentes, condiciones de aplicación, preparación de superficie, número de capas y edad del sistema de recubrimiento.

Deben seleccionarse las áreas de supervisión en las instalaciones de la central, considerando un área por cada tipo de recubrimiento y exposición ambiental.

Realizar la evaluación de las áreas representativas cada 12 meses.

En cada área seleccionada para la supervisión, se debe observar los defectos siguientes:

- a)** Ampollas, referencia [6], capítulo 12 de esta especificación.
- b)** Grietas y surcos, referencias [4] y [5] del mismo capítulo.
- c)** Levantamientos o escamas, referencia [7] mismo capítulo.
- d)** Áreas sin pintura y oxidación, referencia [2] mismo capítulo.
- e)** Rayones o daños mecánicos.

Si los defectos son mayores del 20 % del área seleccionada, se debe recubrir de nuevo toda la superficie. Si los defectos son menores del 20 % del área seleccionada, se deben reparar los defectos, basándose para ello en la tabla 11.

En caso de duda o discrepancia en los porcentajes de área dañada, aplicar el procedimiento siguiente:

Fabricar una plantilla cuadrada de acrílico o cualquier material transparente de 50 cm por lado.

Marcar la plantilla con una cuadrícula de 5 cm por lado, de tal manera que ésta contenga 100 cuadros.

Colocar la plantilla sobre el área seleccionada representativa y contar el número de cuadros, donde se localicen cualquiera de los defectos enunciados anteriormente. El número de cuadros contados será el porcentaje de área del recubrimiento dañado. Para mayores detalles, véase referencia [8], capítulo 12 de esta especificación.

Los porcentajes de falla del recubrimiento, se deben clasificar de acuerdo a la capa afectada (primario, intermedio y acabado) y los resultados se deben registrar en la memoria de la obra, utilizando el formato del Apéndice D.

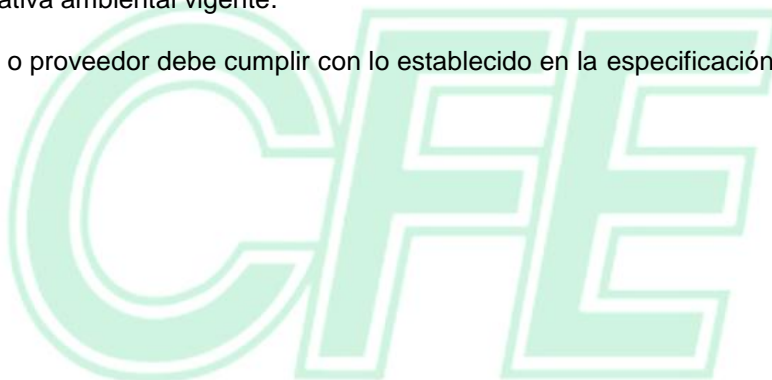
10 MARCADO

Los contenedores y recipientes para almacenamiento y transporte de recubrimientos y solventes deben estar rotulados cuando menos, con el nombre del fabricante, nombre del producto de acuerdo a la especificación CFE D8500-02, nombre comercial del producto, lote, fecha de fabricación, fecha de caducidad, contenido neto, instrucciones para su uso, condiciones de almacenamiento, rombo de seguridad de acuerdo con la NOM-018-STPS y las medidas de seguridad en caso de ingestión, contacto y/o derrame.

**11 EMPAQUE, EMBALAJE, EMBARQUE, TRANSPORTACIÓN, DESCARGA, RECEPCIÓN
ALMACENAJE, MANEJO Y ALMACENAMIENTO**

Es responsabilidad del proveedor o contratista de los contenedores para el transporte, almacenamiento, manejo, su disposición final sin cargo adicional para CFE. Los contenedores deben tener las características de fabricación necesarias para evitar derrames, fugas o riesgos a la salud del personal y que aseguren el cumplimiento, en materia de transporte de las normas y reglamentos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como el cumplimiento con la normativa ambiental vigente.

Así mismo, el participante o proveedor debe cumplir con lo establecido en la especificación CFE L1000-11 y la NOM-043-SCT.



**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

78 de 103

TABLA 12 – Recomendaciones de sistemas para superficies de acero al carbón o hierro fundido

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
EXTERIORES (3)									
ZONA CÁLIDA HÚMEDA (Af) Y SUBHÚMEDA (Aw)									
1.1	Ambiente marino	PAB	P11-Inorgánico de cinc autocurante base solvente	1	50 a 80	A3-Epoxico altos sólidos A24-Polisiloxano acrílico	1 1	100 100 a 150	Para mantenimiento utilizar el sistema 35
2.1	Ambiente industrial	PAC	P34-Epoxi-amina de altos sólidos	1	100 a 150	A29-poliuretano modificado de altos sólidos	2	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
3.1	Ambiente rural ver nota (4)	PACB	P9-Orgánico de cinc epoxi-poliamida	1	75	A29- poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
ZONA ÁRIDA SECA (Bs) Y MUY SECA (Bw)									
4	Ambiente marino	PAC	P34- epoxi-amina de altos sólidos	1	100 a 150	A29- poliuretano modificado de altos sólidos	1	50	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
5	Ambiente industrial	PAC	P19-Fosfato de cinc epóxi-poliamida	1	100 a 150	A29- poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el sistema 38.1
6	Ambiente rural ver nota (4)	PMA o PMO	P23-Fosfato de cinc alquidial óxido	1	50 a 75	A1-Alquidálico	2	40 a 50	Para mantenimiento utilizar el sistema 37
ZONA TEMPLADA SUBHÚMEDA (Cw)									
7.1	Ambiente industrial	PAC	P34-epoxi-amina de altos sólidos	1	100 a 150	A29-Acabado poliuretano modificado de alto sólidos	1	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

79 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en µm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en µm	Observaciones
8.1	Ambiente rural ver nota (4)	PMA o PMO	A21- Acabado epóxico autoimprimante altos sólidos	2	100	A29-Acabado poliuretano modificado de alto sólidos	1	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el sistema 42.1
ZONA TEMPLADA HÚMEDA (Cf)									
9	Ambiente Industrial y rural	PAC	P19-Fosfato de cinc epoxi-poliamida	1	100 a 150	A2-Epoxi-poliamida	1	50 50 a 75	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
						A29-Poliuretano modificado de alto sólidos	1		
INTERIORES									
10	Áreas cubiertas permanentemente ver nota (6)	PMA o PMO	P23-Fosfato de cinc alquidálico	1	50 a 75	A1-Alquidálico	2	40 a 50	Para mantenimiento utilizar el sistema 37
INMERSIÓN									
11	Agua desmineralizada	PACB	--	--	--	A30- Epóxico fenólico 100 % sólidos	1	300 a 600	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
12.1	Agua cruda, potable o de servicio	PACB	--	--	--	A21-Epóxico autoimprimante altos sólidos	2	100 a 200	Para mantenimiento utilizar el sistema 42.2
12.2	Agua negra tratada	PACB	--	--	--	A27- Epóxico catalizado de alto espesor	1	1 000 a 1 500	Para mantenimiento utilizar el sistema 41

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

80 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
13.1	Agua negra sin tratar o agua de mar	PACB	P28 Sellador epóxico para carpeta monolítica P18-Primario y saturante epoxi-poliamida	1	75	A16- Revestimiento Epoxi-poliamida con fibra de vidrio	1	1 000	Debe llevar fibra de vidrio tejido tipo H junto con primario y saturante P18 a un espesor de 1 000 micrómetros y finalmente aplicar una capa de A16 a un espesor de 1 000 micrómetros. Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
13.4	Agua negra sin tratar o agua de mar	PACB	--	--	--	A27-Epóxico catalizado de alto espesor	2	1 000 a 1 500	Opcional al sistema 13.1.
13.5	Agua negra sin tratar o agua de mar	PACB	P33 Epoxi-cicloalifático de altos sólidos	1	350 a 500	I5 Elastómero de Silicón A25 Antiadherente Elastómero de silicón	1 1	100 150	Utilizarlo cuando se tenga desarrolló de organismo. Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
14.2	Combustóleo y Vapores de combustóleo ver nota (5)	PACB	--	--	--	A30 Epóxico fenólico 100 % sólidos	1	300 a 600	Todo el interior del tanque. Para mantenimiento utilizar el mismo sistema.
15	Diésel petróleo diáfano, Gasolina, turbosina ver nota (5)	PACB	--	--	--	A30 Epóxico fenólico 100 % sólidos	1	300 a 600	Todo el interior del tanque. Para mantenimiento utilizar el mismo sistema.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

81 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición		Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
16	Hidróxido de sodio hasta 10 % en masa y 60 °C		PAB	Hule natural vulcanizable blando (dureza 35 \pm 10 shore A)	1	533	Hule natural vulcanizable duro (dureza 35 \pm 10 shore D). Acabado hule vulcanizable blando (dureza 35 \pm 5 shore A)	1	533	Requiere una temperatura mínima de vapor de 120 °C para su curado. Para mantenimiento utilizar el sistema 13.4
							1	533		
17	Ácido sulfúrico hasta 10 % y 45 °C		PAB	Hule natural vulcanizable blando (dureza 35 \pm 10 shore A)	1	533	Hule natural vulcanizable duro (dureza 35 \pm 10 shore D). Acabado hule vulcanizable blando (dureza 35 \pm 5 shore A)	1	533	Requiere una temperatura mínima de vapor de 120 °C para su curado. Para mantenimiento utilizar el sistema 13.4
							1	533		
CONDICIONES ESPECIALES										
18.1	Alta temperatura	De 60 a 100 °C (7)	PAB	P11-Inorgánico de cinc autocurante base solvente	1	50 a 80	A29-poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el sistema 35.1
18.2		Hasta 565° C	PACB	P35-Recubrimiento para temperaturas extremas	2	100	--	--	--	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema. Para señalización utilizar A24-polisiloxano acrílico
19.2		De 101 °C a 400 °C (7)	PACB	P31-Aluminio para alta temperatura	1	150 a 200	--	--	--	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema. Para señalización utilizar A24-polisiloxano acrílico

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

82 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición		Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones	
19.3	Baja Temperatura	Hasta -165° C	PACB	P35-Recubrimiento para temperaturas extremas	2	100	--	--	--	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema	
20	Manejo de cenizas de carbón		PACB	--	--	--	A19-Epóxico 100 % sólidos modificado para alta temperatura	1	1 000	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema	
21.1	Instalaciones enterradas (opción 1) terrenos con resistividad mayor de 50 Ωm		PACB	--	--	--	A27-Epóxico catalizado de alto espesor	1	1 000 a 1 500	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema	
21.2	Instalaciones enterradas (opción 2) terrenos con resistividad menor de 50 Ωm		PACB	--	--	--	A27-Epóxico catalizado de alto espesor	2	1 000 a 1 500	En el caso de que la estructura este en contacto con el nivel freático utilizar el primario P34 aplicar una capa a 50 μm de espesor seco. Para mantenimiento utilizar el sistema 41	
22	Zonas de derrames, salpicaduras y fugas	Exterior de tanques y líneas de aceite lubricante o aceite aislante	PMA o PMO	P23-Fosfato de cinc alquidal óxido	1	50 a 75	A1-Alquidático	2	40 a 50	Para mantenimiento utilizar el sistema 37	
810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

83 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición		Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
23	Zonas de derrames, salpicaduras y fugas	Hidróxido de sodio hasta 50 % en masa y temperatura ambiente	PMA lijado ligero LSO	--	--	--	A29 – poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	Aplicarlo sobre el sistema elegido de acuerdo a la zona climática. Para mantenimiento utilizar el sistema 51
24		Ácido sulfúrico, 96 % en masa, temperatura ambiente	PMA lijado ligero LSO	--	--	--	A29- poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el sistema 51
25.1	Zonas propicias al desarrollo de organismos		PACB	P33- epoxi-cicloalifático de altos sólidos	1	350 a 500	I5- Elastómero de silicón A25 – Elastómero de silicón	1 1	100 150	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema.
26.1	Exterior de transformadores		PAB	P9-Orgánico de cinc epóxico poliamida	1	75	A29- poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el sistema 35.1.

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

84 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición		Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
27	Áreas cubiertas permanentemente ver nota (6)		PQ o PACB	--	--	--	A22- Poliéster en polvo 100 % sólidos con cinc	1	80 a 110	Para mantenimiento utilizar el sistema 37
28.1	Superficies sujetas a tránsito continuo ver nota (8)	Rejillas y pisos metálicos	PAR	A21- Epóxico autoimprimante altos sólidos	1	100 a 200	A29 – Poliuretano modificado de altos sólidos	2	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
30	En áreas por sellarse herméticamente		Soplado interior con aire	Nitrógeno a 200 kPa	--	--	--	--	--	--
31	Protección temporal	Superficies interiores de equipos	PMA o PMO	Aplicar una solución de fosfato disódico al 0.5 %, fosfato monosódico al 0.5 % y nitrato de sodio al 1 %	--	--	--	--	--	Ya seco utilizar 2 kg de sílica gel por m^3
32	Protección temporal	Áreas a la intemperie	PMA o PMO	P23-Fosfato de cinc alquidal óxido	1	50 a 75	--	--	--	--

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

85 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
33.1	Áreas cubiertas permanentemente con humedad relativa entre el 70 y 85%	PMA, PMO o PAC	P19 Fosfato de cinc epoxi-poliamida	1	100 a 150	A2 Epoxi-poliamida	2	50	Para mantenimiento utilizar el sistema 38 o 55
33.2	Superficies húmedas o que presentan condensado exterior	PAC, PMO o PAP	P33-Epoxi-cicloalifático de altos sólidos	1	350 a 500	--	--	--	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
34.1	Áreas que requieren retardantes de fuego hasta por 30 min	PMA o PMO	P29-Látex base agua antiflama	1	120	A26 Látex base agua antiflama	1	30 a 50	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
34.2	Áreas que requieren retardantes de fuego hasta por 90 min	PACB	P32-Intumescente contra incendios	1	760 a 1300	--	--	--	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
34.3	Áreas que requieren una baja propagación de fuego	PAC, PMO o PAP	P34 Epoxi-amina de altos sólidos	1	100 a 150	--	--	--	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
MANTENIMIENTO									
35	Sistema 1.1	PACB, PMA, PMO o PAP	P9- Orgánico de cinc epoxi-poliamida	1	75	A24 Polisiloxano acrílico	1	100 a 150	--
35.1	Sistemas 18.1 y 26.1	PACB, PMA, PMO o PAP	P9 Orgánico de cinc epoxi-poliamida	1	75	A29 Poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	--

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

86 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
37	Sistemas 6, 10, 22 y 27	PMA, PMO, PAP o PAR	P23 Fosfato de cinc alquidal-óxido	1	50 a 75	A1-Alquidálico	2	40 a 50	--
38	Sistema 33.1	PAC, PMA, PAP o PMO	P19 Fosfato de cinc epóxi-poliámida	1	100 a 150	A2-Epóxi-poliámida	2	50	--
38.1	Sistema 5	PAC, PMA, PAP o PMO	P19 Fosfato de cinc epóxi-poliámida	1	100	A29 Poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	--
41	Sistemas 12.2, 13.4 y 21.2	PACB, PMA o PMO	--	--	--	A27-Epóxico catalizado de alto espesor	2	1 000 a 1 500	--
42.1	Sistema 8.1	PMA o PMO	A21- Acabado epóxico autoimprimante altos sólidos	2	100	A29-Poliuretano modificado de alto sólidos	1	50 a 75	--
42.2	Sistema 12.1	PMA o PMO	--	--	--	A21-Epóxico autoimprimante altos sólidos	2	100 a 200	--
51	Sistemas 23 y 24	PMA	--	--	--	A29 Poliuretano modificado de alto sólidos	1	50 a 75	--
55	Sistema 33.1.	PAC, PMA o PMO	--	--	--	A21-Epóxico autoimprimante altos sólidos	2	100 a 200	Se puede considerar como una segunda opción para el sistema 38

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

87 de 103

TABLA 13 – Recomendaciones de sistemas de protección para superficies de acero galvanizado

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
EXTERIORES PARA GALVANIZADO NUEVO									
TODAS LAS ZONAS CLIMÁTICAS									
60	Ambiente marino o industrial	LSO o LDE	P17 Mordentador para acero galvanizado	1	9 a 20	A3 – Epóxico altos sólidos	1	100	--
			P34 – Epoxiamina de altos sólidos	1	100 a 150	A29 – Poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	
61	Ambiente rural	LSO o LDE	P17 Mordentador para acero galvanizado	1	10 a 20	A2 – Epoxi poliamida	1	50	--
			P21 Vinil epóxico fosfato de cinc óxido	2	25	A29 – Poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	
EXTERIORES PARA GALVANIZADO INTEMPERIZADO									
62.1	Para todas las zonas y ambientes con galvanizado intemperizado	PMA o PMO	P26 orgánico de cinc ester epóxico	2	38	--	--	--	--

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

88 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
62.2	Para todas las zonas y ambientes con galvanizado intemperizado	PMA o PMO	--	--	--	A34 – Poliaspártico para mantenimiento	2	200 a 250	--
EN CONTACTO CON EL SUELO									
63.1	Instalaciones enterrada en suelos de resistividad mayor de 50 Ωm	LSO o LDE	P17 Mordentador de acero galvanizado	1	10a 20	--	--	--	--
			P-34 epoxi-amina de altos sólidos	1	100 a 150	--	--	--	--
63.2	Instalaciones enterrada en suelos de resistividad menor de 50 Ωm	LSO o LDE	P17 Mordentador de acero galvanizado	1	10 a 20	A27- Epóxico catalizado de alto espesor	1	1 000 a 1 500	--
MANTENIMIENTO PARA RECUBRIMIENTOS EN GALVANIZADO									
64	Sistema 60	PMA o PMO	P34 – Epoxiamina de altos sólidos o	1	100 a 150	A3-Epóxico-altos sólidos	1	100	--
			P26 – Orgánico de cinc éster epóxico	2	38	A29 Poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

89 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
65	Sistema 61	PMA o PMO	P21-Vinil epóxi-fosfato de cinc óxido o	2	25	A2-Epoxi-poliamida	1	50	--
			P26- Orgánico de cinc éster epóxico	2	38	A29 Poliuretano modificado de altos sólidos	1	50 a 75	
SEÑALIZACIÓN									
66.1	Acero galvanizado de torres o postes troncocónicos en ambiente marino, industrial o rural.	LSO	P17 mordentador para acero galvanizado o 89 monolítico (solo para galvanizado nuevo)	1	10 a 20	A29 Poliuretano modificado de altos sólidos	2	50 a 75	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema
66.2	Acero galvanizado de torres o postes troncocónicos en ambiente marino, industrial o rural.	LSO	P17 mordentador para acero galvanizado o 89 monolítico (solo para galvanizado nuevo)	1	10 a 20	A34 – Poliaspártico para mantenimiento	1	150 a 225	Para mantenimiento utilizar el mismo sistema

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

90 de 103

TABLA 14 – Recomendaciones de sistemas para superficies de concreto, yeso y aplanado

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
SUPERFICIES DE CONCRETO									
ZONA CÁLIDA HÚMEDA (Af) Y SUBHÚMEDA (Aw) – ZONA TEMPLADA HÚMEDA (Cf)									
70	Ambiente marino industrial o rural	Resanar la superficie y dejarla secar CFE-PAR	P28- Sellador epóxico para carpeta monolítica	1	75	A3-epóxico altos sólidos A29 – Poliuretano modificado de alto sólidos	1 1	50 50 a 75	Exteriores agresivos
ZONA ÁRIDA SECA (Bs) Y MUY SECA (Bw) – ZONA TEMPLADA SUBHÚMEDA (Cw)									
71	Ambiente marino industrial o rural	Resanar la superficie y dejarla secar CFE PAR	P28- Sellador epóxico para carpeta monolítica	1	75	A29 – Poliuretano modificado de alto sólidos	1	50 a 75	Exteriores poco agresivos e interiores
CONDICIONES ESPECIALES PARA CONCRETO									
67	Señalamiento horizontal de tráfico	PMA	--	--	--	A32 – Pintura 90onolíti para señalamiento de tráfico	1	380	--
28.2	Pisos de concreto para servicios severo	PAR o Escarificado	P28 – Sellador epóxico para carpeta monolítica	1	75	A31 – Nivelador epóxico para pisos de servicio severo 100 % sólidos	1	6350	Se puede aplicar una capa de A29 – Poliuretano modificado de altos sólidos, para un mayor brillo.

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

91 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
28.3	Pisos de concreto para servicio ligero	PAR o Escarificado	P28 – Sellador epóxico para carpeta monolítica	1	75	A29 – Poliuretano modificado de altos sólidos	2	50 a 75	--
54.1	Protección al concreto en fosas de neutralización y canales para productos químicos	PAR o PQ	P28- sellador epóxico para carpeta monolítica	1	75	A16 Revestimiento epoxi-poliamida con Fibra de Vidrio,	1	1600	--
						A20- Revestimiento epóxico novolac con hojuelas de vidrio para carpeta monolítica	2	500	
54.2	Protección al concreto en fosas de neutralización a temperatura máxima de 50° C	PAR	P28 Sellador epóxico para carpeta monolítica P18-Primario y saturante epoxi-poliamida	1 1	75 1 000	Fibra de vidrio tejida "H"	1	1000	Aplicar una capa de primario P18 a un espesor de 75 micrómetros, posteriormente aplicar la fibra de vidrio tipo "H" junto con el primario y saturante P18 a un espesor de 1 000 micrómetros y finalmente, aplicar una capa de A16 a un espesor de 1 000 micrómetros
						A16 Revestimiento epoxi-poliamida con fibra de vidrio	1	1000	

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

92 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en µm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en µm	Observaciones
72.1	Inmersión en agua cruda	Resanar la superficie y dejarla secar CFE-PAR	--	--	--	A21-Epóxico autoimprimante altos sólidos	2	100 a 200	--
73	Para sellado de grietas en concreto en exteriores agresivos	Preparación de superficie CFE-PAR	P28 – Sellador epóxico para carpeta 92monolítica	1	75	--	--	--	Eliminar con aire a presión los residuos de la preparación (CFE-PAR), previa aplicación del P28
74	Dosificación de ácido en torre de enfriamiento	Resanar la superficie y dejarla secar CFE-PAR	--	--	--	A14-Epoxi poliamida 100 % sólidos	1	3 200	Recubrir 25 m ² aproximadamente alrededor de la dosificación
75	Inmersión en agua negra sin tratar o agua de mar	Resanar la superficie y dejarla secar CFE-PAR	P-33 epoxi-cicloalifático de altos sólidos	1	350 a 500	--	--	--	--
75.1	Inmersión en agua negra sin tratar o agua de mar	CFE-PAR	P-28 Primario sellador epóxico para carpeta monolítica P18-Primario y saturante epoxi-poliamida	1 1	75 1000	A16 revestimiento epoxi-poliamida con fibra de vidrio	1	1 000	Aplicar una capa de primario P28 a un espesor de 75 micrómetros, posteriormente aplicar la fibra de vidrio tipo "H" junto con el primario y saturante P18 a un espesor de 1000 micrómetros y finalmente, aplicar una capa de A16 a un espesor de 1 000 micrómetros.

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

93 de 103

Sistema No.	Condiciones de exposición	Preparación de superficie (1)	Primario (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Acabado (2)	Número de capas	Espesor mínimo seco por capa en μm	Observaciones
76	Decorativo exteriores e interiores	Resanar la superficie y dejarla secar	Sellador recomendado por el fabricante	--	--	A13-Vinílico emulsionado	2	--	Aplica también para superficies aplanadas con yeso
77	Sellado de tanques entre la base soporte y la cimentación	LSO	--	--	--	A33 elastómero de poliuretano	1	No Mayor a 6 117	Se debe aplicar sobre el recubrimiento exterior especificado tanto para el tanque como para la cimentación de concreto

NOTA:

- 1 Véase inciso 5.2 de esta especificación.
- 2 Véase especificación CFE D8500-02.
- 3 Véase tabla 1.
- 4 En el caso de centrales termoeléctricas debe considerarse ambiente industrial, excepto aquellas que se encuentren en ambiente marino.
- 5 Las tuberías con un diámetro inferior a 609 mm, no se recomienda recubrirlas interiormente.
- 6 En interiores con humedad relativa entre el 70 % y 85 %, emplear el sistema 33.1 y cuando rebase el 85 % emplear el sistema 33.2.
- 7 A temperaturas del sustrato menores de 60 °C el resto de los sistemas de los recubrimientos son aplicables.
- 8 En la selección del sistema para superficies sujetas a tránsito continuo debe tomarse en cuenta:
 - Tipo de sustrato
 - Estado de conservación del sustrato (oquedades, fracturado, por mencionar algunas)
 - Sustancias contaminantes (agentes curantes y agentes desmoldantes, lechadas, finas, aceites, grasas, polvo, por mencionar algunos)
 - Condiciones de exposición del sistema

810619	Rev	860423	891113	950512	990326	040116	070420	090630	120831	150513	170207
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

12 **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] **ASTM D56-2005** Test Method for Flash Point by Tag Closed Cup Tester
- [2] **ASTM D610-2008** Standard Test Method of Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces.
- [3] **ASTM D659-1986** Standard Test Method of Evaluating Degree of Chalking of Exterior Paints.
- [4] **ASTM D660-2005** Standard Test Method of Evaluating Degree of Checking of Exterior Paints.
- [5] **ASTM D661-2005** Standard Test Method of Evaluating Degree of Cracking Exterior Paints.
- [6] **ASTM D714-2002** Standard Test Method of Evaluating Degree of Blistering of Paints.
- [7] **ASTM D772-2005** Standard Test Method of Evaluating Degree of Flaking (Scaling) of Exterior Paints.
- [8] **ASTM D1654-2008** Standard Test Method of Evaluating of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments.
- [9] **ASTM D3359-2008** Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.
- [10] **NACE RP-0274-1998** High Voltage Electrical Inspection of Pipeline Coating Prior to Installation.

APÉNDICE A

ZONAS CLIMÁTICAS Y CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

Población / Instalación	Zona climática	Característica ambiental
Acapulco, Guerrero	Aw	Marino
Aguamilpa, Nayarit	Aw	Rural
Aguaprieta, Sonora	Bs	Rural
Aguascalientes, Aguascalientes	Bs	Rural
Amatitlán, Jalisco	Aw	Rural
Azufres, Michoacán	Cw	Rural
Bacurato, Sinaloa	Bs	Rural
Bombaná, Chiapas	Aw	Rural
Caborca, Sonora	Bw	Rural
Calera de Víctor R., Zacatecas	Bs	Rural
Campeche, Campeche	Aw	Marino
Cancún, Quintana Roo	Aw	Marino
Celaya, Guanajuato	Cw	Industrial
Cerro Prieto, B. C.	Bw	Industrial
Ciudad del Carmen, Campeche	Aw	Marino
Ciudad del Maíz, S. L. P.	Bs	Rural
Ciudad Juárez, Chihuahua	Bw	Rural
Ciudad Obregón, Sonora	Bw	Rural
Ciudad Victoria, Tamaulipas	Bs	Rural
Chávez, Coahuila	Bw	Rural
Chetumal, Quintana Roo	Aw	Marino
Chihuahua, Chihuahua	Bs	Industrial
Chilapan, Veracruz	Af	Rural
Chilpancingo, Guerrero	Cw	Rural
Chicoasén, Chiapas	Aw	Rural
Coatzacoalcos, Veracruz	Af	Marino
Cóbano, Michoacán	Aw	Rural
Colima, Colima	Aw	Rural
Colotlipa, Guerrero	Cw	Rural
Comedero, Sinaloa	Bs	Rural
Córdoba, Veracruz	Cf	Rural
Cosalá, Sinaloa	Bs	Rural
Cozumel, Quintana Roo	Aw	Marino
Cuautitlán, Estado de México	Cw	Rural
Cuautla, Morelos	Cw	Industrial
Cuernavaca, Morelos	Aw	Rural
Culiacán, Sinaloa	Bs	Rural
Cupatitzio, Michoacán	Cw	Rural
Delicias, Chihuahua	Bs	Rural
Dinamita, Sonora	Bw	Industrial

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

96 de 103

Población	Zona climática	Característica ambiental
Distrito Federal	Cw	Industrial
Dos Bocas, Veracruz	Aw	Marino
Durango, Durango	Cw	Rural
El Cajón, Nayarit	Aw	Rural
El Caracol, Guerrero	Bs	Rural
El Encanto, Veracruz	Af	Rural
El Encino, Chihuahua	Bs	Rural
El Fuerte, Sinaloa	Bs	Rural
El Humaya, Sinaloa	Bs	Rural
El Novillo, Sonora	Bw	Rural
El Sauz, Querétaro	Bs	Industrial
Ensenada, B. C.	Bs	Marino
Falcón, Tamaulipas	Bs	Rural
Fresnillo, Zacatecas	Bs	Rural
Gómez Palacio, Durango	Bs	Industrial
Guadalajara, Jalisco	Cw	Industrial
Guanajuato, Guanajuato	Cw	Rural
Guaymas, Sonora	Bw	Marino
Guerrero Negro, B.C.S	(Bw)	Marino
Hermosillo, Sonora	Bw	Rural
Hidalgo del Parral, Chihuahua	Bs	Rural
Huachinango, Puebla	Cf	Rural
Infiernillo, Michoacán	Aw	Rural
Irapuato, Guanajuato	Cw	Rural
Iztaczoquitlán, Veracruz	Af	Rural
Ixtahuacatengo, Guerrero	Aw	Rural
Jacona, Michoacán	Cw	Rural
Jalapa, Veracruz	Cf	Rural
Jasso, Hidalgo	Cw	Rural
Jiménez, Chihuahua	Bs	Rural
Juchitán, Oaxaca	Af	Rural
La Laguna, Coahuila	Bs	Industrial
La Leona, Nuevo León	Bs	Industrial
La Parota, Guerrero	Aw	Rural
La Paz, B. C. S.	Bw	Marino
La Venta, Guerrero	Aw	Rural
La Ventosa, Oaxaca	Aw	Rural
La Yesca, Nayarit	Aw	Rural
Laguna Verde, Veracruz	Af	Marino
Lagos de Moreno, Jalisco	Cw	Rural
Las Boquillas, Chihuahua	Bw	Rural

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

97 de 103

Población	Zona climática	Característica ambiental
Lázaro Cárdenas, Michoacán	Aw	Marino
Lechería, Edo. de México	Cw	Rural
León, Guanajuato	Cw	Industrial
Lerma, Michoacán	Aw	Rural
Mocúzari, Sonora	Bw	Rural
Malinalco, Estado de México	Cw	Rural
Malpaso, Chiapas	Af	Rural
Manzanillo, Colima	Aw	Marino
Martínez de la Torre, Veracruz	Af	Rural
Matamoros, Tamaulipas	Bs	Marino
Matehuala , S.L.P.	Bs	Rural
Mazatepec, Puebla	Cw	Rural
Mazatlán, Sinaloa	Aw	Marino
Mérida, Yucatán	Aw	Rural
Mexicali, B.C.	Bw	Rural
Minatitlán, Veracruz	Af	Industrial
Monclova, Coahuila	Bs	Industrial
Monterrey, Nuevo León	Bs	Industrial
Morelia, Michoacán	Cw	Rural
Nacozari, Sonora	Bw	Industrial
Nava, Coahuila	Bs	Industrial
Necaxa, Puebla	Cw	Rural
Nogales, Sonora	Bw	Rural
Nuevo Casas Grandes, Chihuahua	Bw	Rural
Nuevo Laredo, Tamaulipas	Bs	Rural
Oaxaca, Oaxaca	Bs	Rural
Ojinaga, Chihuahua	Bs	Rural
Orizaba, Veracruz	Cf	Rural
Oviáchic, Sonora	Bs	Rural
Pachuca, Hidalgo	Cw	Rural
Panindícuaro, Michoacán	Cw	Rural
Peñitas, Chiapas	Af	Rural
Petalcalco, Guerrero	Aw	Marino
Piedras Negras, Coahuila	Bw	Rural
Pinotepa Nacional, Oaxaca	Aw	Rural

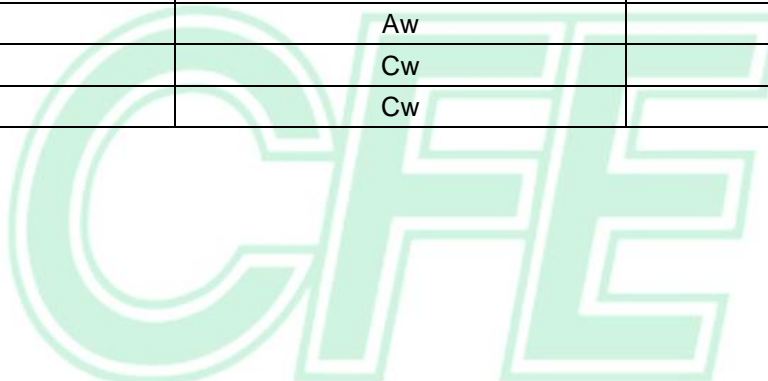
**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
ANTICORROSIVOS**

**ESPECIFICACIÓN
CFE D8500-01**

98 de 103

Población	Zona climática	Característica ambiental
Poza Rica, Veracruz	Af	Industrial
Puebla, Puebla	Cw	Rural
Puerto Libertad, Sonora	Bw	Marino
Puerto Peñasco, Sonora	Bw	Marino
Puerto Vallarta, Jalisco	Aw	Rural
Querétaro, Querétaro	Bs	Industrial
Reynosa, Tamaulipas	Bs	Rural
Río Bravo, Tamaulipas	Bs	Industrial
Río Verde, S.L.P.	Cf	Rural
Rosarito, B.C	Bs	Marino
Rosetilla, Chihuahua	Bs	Rural
Salamanca, Guanajuato	Cw	Industrial
Salina Cruz, Oaxaca	Aw	Marino
Saltillo, Coahuila	Bs	Industrial
Salvador Alvarado, Sinaloa	Bs	Rural
San Carlos, B.C.S.	Bw	Marino
San José del Cabo, B.C.S.	Bw	Marino
San Lorenzo, Puebla	Cw	Industrial
San Luis Potosí, S.L.P.	Bs	Industrial
Sta. Ma. Chiconautla, Edo. de México	Cw	Rural
Santa Rosalía, B.C.S.	Bw	Marino
Tamazulapan, Oaxaca	Bs	Rural
Tampico, Tamaulipas	Bs	Marino
Tapachula, Chiapas	Aw	Rural
Temascal, Oaxaca	Af	Rural
Tepexi, Puebla	Cw	Rural
Tepic, Nayarit	Aw	Rural
Tijuana, B.C.	Bs	Marino
Tlacotepec, Oaxaca	Aw	Rural
Tlaxcala, Tlaxcala	Cw	Rural
Toluca, Edo. de México	Cw	Rural
Tonalá, Jalisco	Cw	Industrial
Topolobampo, Sinaloa	Bs	Marino
Torreón, Coahuila	Bs	Industrial
Tula, Hidalgo	Cw	Industrial
Tuxpan, Veracruz	Aw	Marino

Población	Zona climática	Característica ambiental
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	Aw	Rural
Uruapan, Michoacán	Aw	Rural
Valladolid, Yucatán	Aw	Industrial
Valle de Bravo, Edo. de México	Cw	Rural
Venustiano Carranza, Chiapas	Aw	Rural
Veracruz, Veracruz	Aw	Marino
Villa Ahumada, Chihuahua	Bw	Rural
Villa Constitución, B.C.S.	Bw	Rural
Villa de Reyes, S.L.P.	Bs	Industrial
Villahermosa, Tabasco	Af	Rural
Vizcaino, Baja California Sur	Bw	Marino
Zacatecas, Zacatecas	Bs	Rural
Zihuatanejo, Guerrero	Aw	Marino
Zimapán, Hidalgo	Cw	Rural
Zumpimito, Michoacán	Cw	Rural



APÉNDICE C

INFORME DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

FECHA	MEDICIÓN	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00 *
	T.B.S. °C							
	T.B.H. °C							
	T. Metal °C							
	H.R. %							
	T. Rocío °C							
	T.B.S. °C							
	T.B.H. °C							
	T. Metal °C							
	H.R. %							
	T. Rocío °C							
	T.B.S. °C							
	T.B.H. °C							
	T. Metal °C							
	H.R. %							
	T. Rocío °C							
	T.B.S. °C							
	T.B.H. °C							
	T. Metal °C							
	H.R. %							
	T. Rocío °C							

T.B.S. = TEMPERATURA DE BULBO SECO

T.B.H. = TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO

T. Metal = TEMPERATURA DEL METAL

H.R. = HUMEDAD RELATIVA

T. Rocío = TEMPERATURA DE ROCÍO

 SOLEADO

 NUBLADO

 LLUVIA

* Las horas de inspección no son limitativas

 VIENTO > 30 km/h

