

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Civil



---

*Excelencia que trasciende*

## **APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS EN LOSAS DE CONCRETO**

**María José Aguilar Sánchez**

Guatemala  
2006



**APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS  
EN LOSAS DE CONCRETO**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS  
EN LOSAS DE CONCRETO**

Trabajo de investigación presentado por María José Aguilar Sánchez para  
optar al grado de Licenciada en Ingeniería Civil

Guatemala  
2006

Vo. Bo.:

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Ricardo Rodas Cordón

Tribunal:

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Alejandro Maldonado

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Ricardo Rodas Cordón

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Roberto Puga Ortíz

Fecha de aprobación: 06 de marzo de 2007

## **RESUMEN**

Los epóxicos son productos compuestos por una resina epóxica con un endurecedor, formando un polímero cuya unión confiere excelente resistencia mecánica y química con gran durabilidad sobre las losas de concreto donde son aplicados.

Los usos de sistemas epóxicos sobre losas de concreto son innumerables, y la forma de aplicarlos varía con el tipo de concreto, el clima, las condiciones de uso, etcétera. Son, por lo general, productos delicados, por lo que es importante que, tanto los encargados de las aplicaciones como los clientes y proveedores de los materiales estén bien informados acerca de los productos, la forma de aplicarlos y los posibles problemas o fallos que éstos puedan presentar antes, durante o después de la aplicación de cada sistema. Sin embargo, la información sobre el tema es escasa en Guatemala, y las aplicaciones resultan complicadas y, muchas veces, no se logra el acabado deseado ni el objetivo propuesto.

El trabajo pretende la solución a este problema de falta de información, además de proporcionar un apoyo en la aplicación de sistemas epóxicos en losas de concreto.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	
LISTA DE IMÁGENES	vii
LISTA DE TABLAS	viii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. MARCO TEÓRICO SOBRE LOS SISTEMAS EPÓXICOS	3
IV. RECURSOS NECESARIOS PARA LA APLICACIÓN	8
V. APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS	13
VI. PROCESO DE APLICACIÓN DE UN SISTEMA EPÓXICO	27
VII. FALLAS COMUNES EN LA APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS: CÓMO PREVENIRLAS, DETECTARLAS Y SOLUCIONARLAS	41
VIII. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS EPÓXICOS	47
IX. SEGURIDAD EN LA APLICACIÓN	49
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
XI. BIBLIOGRAFÍA	58
XII. APÉNDICES	59

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen	<u>Página</u>
1. Preparación de la mezcla con barreno	21
2. Estado del piso previo a la aplicación	27
3 y 4. Preparación mecánica de la superficie con escarificadora	27
5. Preparación mecánica de la superficie con cortadora de concreto	28
6. Vista general de la superficie luego de la preparación mecánica	28
7. Limpieza de juntas	29
8. Aspirado de la superficie	29
9. Lavado de la superficie	30
10. Vista general de la superficie una vez lavada	30
11 y 12. Limpieza general de la superficie	31
13. Secado de juntas	32
14. Protección de paredes y equipo fijo	32
15. Aplicación del primario	33
16. Acabado final de las juntas	33
17. Aspas para preparación de la mezcla	34
18. Preparación de la mezcla	34
19. Reparación de baches	35
20. Zapatos para aplicación ("spiked shoes")	35
21, 22 y 23. Aplicación de acabado epóxico con espátula de albañil	36
24. Medidor de espesores	37
25 y 26. Rodillo de picos ("bubblebuster" o "spiked roller")	38
27. Aplicación con jalador de metal	39
28 y 29. Acabado final de la superficie	39
30. Antes y después	40

## LISTA DE TABLAS

Tabla	<u>Página</u>
1. Características de un sistema epóxico típico	5
2. Maquinaria y equipo	9
3. Herramientas y equipo	10
4. Riesgos por exposición a las componentes de los sistemas epóxicos	51
5. Riesgos de exposición en los procesos de producción	52
6. Resistencia química de los diferentes tipos de guante	54

# I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas epóxicos son ampliamente utilizados en el ámbito de la construcción, especialmente para recubrir losas de concreto en las que se requiere alta resistencia mecánica y química.

La importancia del trabajo radica en que el tema de la aplicación de sistemas epóxicos es relativamente nuevo en Guatemala, por lo que existe escasa información y muchas veces ni los propios proveedores de los productos pueden proporcionar una recomendación correcta acerca de la metodología de aplicación y la solución para determinados problemas. Debido a esta falta de conocimiento, el campo se considera de alto riesgo y tiene poco mercado a pesar de que, si es aplicado de forma correcta, resulta siendo una solución muy efectiva para el recubrimiento de losas de concreto.

El documento inicia con fundamentos teóricos acerca de los sistemas epóxicos: su composición, tipos y usos, de forma que el lector entienda la necesidad de los mismos. Seguidamente se describe el proceso de aplicación de un sistema epóxico desde la planificación (recursos necesarios, evaluación del área, etcétera) hasta la aplicación en sí del sistema. Adicionalmente, se hace referencia a las fallas más frecuentes en los sistemas epóxicos y se hacen recomendaciones acerca de cómo prevenirlas, además de indicar el tipo de mantenimiento que ha de dársele al sistema para evitar algunas de ellas. Finalmente, se presenta una guía para la aplicación y manejo seguros de los sistemas epóxicos, ya que éstos son compuestos que contienen químicos que pueden resultar dañinos para la salud.

La información presentada se obtuvo de diversas fuentes como hojas técnicas de los productos y manuales de aplicación de los proveedores de los mismos, pruebas de productos, observación de aplicaciones en el campo y experiencias de personas dedicadas a la aplicación. Dicha información se encuentra documentada de forma que pueda ser usada como guía tanto por personas con experiencia en el área de aplicaciones industriales como por aquellas que piensan iniciarse en ella, obtener información al respecto o por clientes que deseen supervisar a los contratistas.

## II. OBJETIVOS

### A. General:

Proporcionar una guía para que las personas involucradas en la aplicación o supervisión de sistemas epóxicos en todo tipo de losas de concreto puedan realizar un trabajo mejor y más eficiente.

### B. Específicos:

1. Describir los diferentes tipos de sistemas epóxicos, sus usos y la forma de aplicarlos.
2. Elaborar una recomendación del equipo y herramientas necesarias para la aplicación de epóxicos.
3. Definir una metodología práctica para la evaluación y preparación del área de aplicación de sistemas epóxicos.
4. Destacar la importancia del uso de equipo de seguridad en las aplicaciones.
5. Presentar soluciones acertadas a problemas frecuentes en la aplicación de sistemas epóxicos.

### III. MARCO TEÓRICO SOBRE LOS SISTEMAS EPÓXICOS

#### A. DEFINICIÓN Y COMPOSICIÓN

Los sistemas epóxicos son mezclas de cantidades variables de diversos componentes. Los principales componentes de los sistemas epóxicos son la resina epóxica y el agente curador (también conocido como endurecedor), aunque también pueden contener solventes, reactivos, diluyentes y aditivos.

Las componentes del sistema se unen para formar un polímero caracterizado por tener gran resistencia mecánica y química, adhesión fuerte y poco encogimiento.

**1. RESINAS EPÓXICAS.** Las resinas epóxicas son una familia de resinas sintéticas que incluyen productos en el rango de líquidos a sólidos. Las resinas más comunes son producidas por medio de una reacción de epiclorhidrina con bisphenol A o bisphenol F. Los tres tipos generales de resina epóxica son: líquida, sólida o líquida modificada. Esta última es obtenida a partir de una resina líquida con solvente o diluyente añadido.

**2. AGENTES CURADORES/ENDURECEDORES.** El propósito del endurecedor es fortalecer los enlaces de las moléculas de las resinas epóxicas para formar un polímero curado. Existe una gran variedad de endurecedores, siendo las aminas los más utilizados. Los endurecedores de amina se encuentran divididos en familias químicas que incluyen aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas y aminas aromáticas. La familia de los anhídridos es otra comúnmente utilizada como endurecedor.

**3. SOLVENTES.** Los solventes pueden encontrarse presentes en la composición de las resinas epóxicas, o bien ser utilizados como agentes de limpieza para el equipo y herramientas de trabajo. Los solventes más comúnmente utilizados incluyen acetonas, tolueno, xileno y alcoholes.

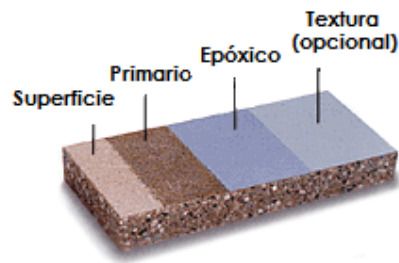
**4. DILUYENTES REACTIVOS.** Son líquidos utilizados para reducir la viscosidad de las resinas epóxicas. A diferencia de los solventes, los diluyentes se vuelven parte del polímero. Los más comunes son de la familia de los éteres glicéricos, los cuales vaporizan más rápidamente que la resina epóxica.

**5. ADITIVOS.** Los aditivos son añadidos a las resinas epóxicas para reforzar las propiedades de resistencia térmica, mecánica, eléctrica y química del sistema ya curado. Ejemplos de aditivos son sílices, fibra de vidrio, carbonato de calcio, metales pulverizados y pigmentos.

## B. CAPAS DE LOS SISTEMAS EPÓXICOS

Los sistemas epóxicos se encuentran generalmente compuestos de tres capas:

1. Compuesto primario
2. Acabado epóxico
3. Textura



**1. COMPUESTO PRIMARIO.** El uso del compuesto primario asegura la perfecta adherencia entre el sustrato y las capas subsecuentes de recubrimiento. Además proporciona impermeabilidad a la superficie y aumenta el espesor de película del sistema, por lo que facilita la aplicación y mejora el rendimiento de la siguiente capa de recubrimiento.

Cuenta con las siguientes características:

- Buena penetración
- Buena resistencia a la abrasión
- Buena resistencia al agua, productos químicos y disolventes
- Elimina el desprendimiento de polvo de concreto
- Deja una superficie continua e impermeable

**2. ACABADO EPÓXICO.** Los acabados epóxicos son productos diseñados para proporcionar una superficie atractiva, lisa, fácil de limpiar y resistente a químicos. Después de su aplicación, cura formando una superficie densa, impermeable con un acabado brillante. Sus aplicaciones ideales incluyen cuartos limpios, laboratorios, áreas de ensamble electrónico, y cualquier área que requiera durabilidad y altos estándares de limpieza. Proporciona al suelo una alta capacidad de resistencia a impacto y a abrasión.

**3. TEXTURA.** Para algunas losas se recomienda el uso de un mortero epóxico, el cual consiste en agregar arena de sílice al acabado epóxico. Ésta proporciona al epóxico un acabado antideslizante y mayor resistencia química y mecánica, pero con menor brillo que el acabado epóxico aplicado sin arena.

### C. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EPÓXICOS

La tabla 1 resume las características de un sistema epóxico típico. Debe hacerse énfasis en que las propiedades descritas pueden presentar variaciones con cada sistema utilizado.

**Tabla 1: Características de un sistema epóxico típico**

Resistencia a la compresión	ASTM D-695	11,000 psi
Módulo de compresión		300 ksi
Resistencia a la flexión	ASTM D-790	4,400 psi
Módulo de flexión	ASTM D-790	1,200 Kpsi
Resistencia a la tensión	ASTM D-638	6000 psi
	ASTM C-307	2400 psi
Módulo de tensión	ASTM D-638	190 kpsi
Estiramiento por tensión	ASTM D-638	3 - 15%
Encogimiento lineal (77F) por 0F	ASTM D-2566:	2 x 10-4 in/in
Dureza de la superficie	ASTM D-2240	85
Adhesión (al concreto)	MIL-D-3134, Para. 4.7.14	335 psi, falla cohesiva en concreto

**Tabla 1 (continuación): Características de un sistema epóxico típico**

Temperatura de distorsión		120 a 1600F
Características de hendidura	MIL-D-3134, Para. 4.7.3	0.012 in: sin fracturas
Resistencia al deslizamiento (coeficiente de fricción)		Cuero seco 0.49
		Cuero húmedo 0.57
		Goma seca 0.72
		Goma húmeda 0.71
Densidad	ASTM D-792	127 lb/ ft <sup>3</sup>
Resistencia a la abrasión	ASTM C-501 (rueda H-22, 1000g, 1000 ciclos)	28.5 mg
Inflamabilidad de los componentes líquidos	ASTM E-84-75	Esparcimiento de llama:<25 Vapores generado: <400
Absorción de agua	MIL-D-31 34, Para. 4.7.8	0.04%
Vida útil de la mezcla	Techne GT-4 Gelation Timer	20-25 minutos a 77F 60-70 minutos a 50F
Tiempo de trabajo		Aprox. ½ hora a 750F, al ser mezclado con agregado y esparcido con espátula en el sustrato
Tiempo de curado	ASTM D 1640	Tráfico Liviano: 8 h a 75F 11 h a 50F Tráfico Normal: 24 h a 75F 33 h a 50F
Toxicidad		No tóxicos al ser aplicados con las medidas adecuadas

## D. TIPOS DE SISTEMAS EPÓXICOS

**1. RECUBRIMIENTOS DE BAJOS ESPESORES.** Son utilizados cuando la superficie no se encuentra expuesta a sustancias químicas y que tienen escaso o nulo tráfico peatonal.

Son frecuentemente utilizados por cuestiones de limpieza, en losas de concreto en las que se desea que no haya desprendimiento de polvo, sin importar la apariencia.

Se maneja en espesores de entre 4 y 15 mils (1 mil = 1 milésima de pulgada).

**2. SISTEMAS CON EPÓXICO AUNTONIVELANTE.** Son utilizados en superficies en las que se desea una alta resistencia química y mediana resistencia mecánica por tráfico de patines y montacargas.

Se maneja en espesores de entre 40 y 120 mils, dependiendo de la apariencia que quiera dársele y del perfil de anclaje creado.

**3. SISTEMAS CON MORTERO EPÓXICO.** Los morteros epóxicos constan generalmente de tres componentes: los dos componentes del acabado epóxico más un componente granular (comúnmente arena de sílice) que le permite curar rápidamente, formando una superficie antideslizante y excepcionalmente duradera. Estas propiedades hacen al mortero ideal para ser usado en áreas sujetas a impactos, tráfico pesado o abrasivo y salpicaduras de sustancias corrosivas.

Se maneja en espesores de 120 mils en adelante.

## **E. USOS DE LOS SISTEMAS EPÓXICOS**

Como ya se mencionó, las componentes del sistema epóxico permiten a éste tener gran resistencia mecánica y química, adhesión fuerte y poco encogimiento. Estas características hacen que los sistemas sean recomendables para distintos trabajos de protección y mejoramiento de superficies. Entre sus usos más importantes se encuentran:

- Reparación de baches y grietas.
- Reparación de juntas en las losas.
- Restauración de losas desgastadas superficialmente.
- Resanar hoyos, cráteres y pequeñas imperfecciones en el piso.
- Dar luminosidad en áreas de pisos oscuros.
- Reparar losas de concreto con productos de fraguado rápido.
- Mejoramiento del ambiente de trabajo y la productividad mediante la adecuada selección de colores y texturas.

## IV. RECURSOS NECESARIOS PARA LA APLICACIÓN

### A. MANO DE OBRA

La mano de obra es quizá el recurso más importante en la aplicación de sistemas epóxicos. Debe cumplir con las siguientes características:

- **Calificada y capacitada.** Previo a un proyecto de aplicación de un sistema epóxico, es importante seleccionar al personal que estará involucrado en el trabajo. Para evitar futuras complicaciones, se recomienda que los trabajadores seleccionados sean capacitados. La forma más ilustrativa es realizar “aplicaciones de prueba”, las cuales deben hacerse con el mismo producto que se utilizará en la obra. La capacitación también debe incluir el tema de seguridad (véase capítulo VII), es decir, explicar a los trabajadores la importancia de usar el equipo adecuado para un manejo seguro del producto a aplicar.
- **Rendimientos.** La “aplicación de prueba” mencionada anteriormente también resulta útil para medir los rendimientos para las diferentes actividades y estimar la cantidad de personal suficiente para cumplir con el tiempo propuesto al cliente.
- **Equipos de trabajo.** Para hacer el trabajo más eficiente, se sugiere formar equipos de trabajo especializados en diferentes tareas. Ejemplos de equipos de trabajo son un equipo de mezclas, uno de aplicadores, uno de limpieza, etcétera.
- **Supervisión.** Para garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos, es imprescindible que éstos sean supervisados por el ingeniero o encargado del proyecto. Se sugiere también contar con supervisión por parte del cliente y del proveedor del producto.

## B. MAQUINARIA Y EQUIPO

Previo a la aplicación de un sistema epóxico, es importante contar con tiempo para revisar que se tenga el equipo necesario para el tipo de trabajo a realizarse. Además, debe comprobarse que las máquinas funcionen adecuadamente y que reciban el mantenimiento debido.

En la tabla 2 se indican algunas de las máquinas y equipos más utilizados en la aplicación de sistemas epóxicos. Además, se indica la tarea para la que están especificados.

**Tabla 2: Maquinaria y equipo**

MAQUINARIA /EQUIPO	FUNCIÓN
Máquina escarificadora con puntas de tungsteno para diferentes acabados	Creación de un perfil de anclaje para el sistema epóxico; preparación de superficie
Cortadora de concreto con discos de diamante.	Corte de juntas en losas de concreto y preparación de superficie
Aspiradora	Limpieza de superficie luego de la preparación
Lavadora a presión	Remoción de grasas, aceites y otras suciedades de la superficie
Mecheros con cilindro de gas y compresores de aire	Secado de superficie
Barreno	Mezcla de materiales epóxicos

## C. HERRAMIENTAS Y CONSUMIBLES

Al igual que la maquinaria y equipo, debe contarse con las herramientas suficientes para un trabajo eficiente. Para evitar cualquier imprevisto, debe supervisarse el estado de aquellas herramientas que no sean nuevas.

Se recomienda organizar las herramientas y consumibles en cajas para obtener un mejor control e inventario, pues son la mayoría objetos pequeños que pueden perderse en el transcurso de la aplicación. Se sugiere contar con



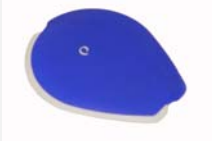
un encargado de las cajas, que supervise que las herramientas sean devueltas en buen estado y limpias.

En la tabla 3 se presenta un listado de las herramientas y consumibles que suelen utilizarse en la aplicación de sistemas epóxicos. Además, se explica la función para la que están destinadas y en caso de herramientas poco comunes, se presenta una imagen de la misma.

**Tabla 3: Herramientas y consumibles**

HERRAMIENTA	IMAGEN	FUNCIÓN
Brochas	-	Aplicación del epóxico en orillas y espacios
Extensiones eléctricas, regletas	-	Conexión de maquinaria y equipo
Rodillo de felpa con extensión y maneral	-	Aplicación del epóxico en áreas de bajo espesor
Jaladores con extensión		Aplicación del epóxico en altos espesores y áreas grandes. Obtener el especificado para el espesor a aplicar.
Medidor de espesor		Medición de espesores de película.
Rodillo de picos ("bubblebuster" o "spiked roller") con extensión y maneral		Eliminar las burbujas que pudieran formarse durante la aplicación del sistema con los jaladores
Planchas de albañil lisas y dentadas		Puede funcionar de forma análoga al jalador. Se obtiene mejor acabado, aunque menor rendimiento.
Bolsas para aspiradora	-	Limpieza de superficie

**Tabla 3 (continuación): Herramientas y consumibles**

HERRAMIENTA	IMAGEN	FUNCIÓN
Martillos, cepillos de alambre, lijas, cinceles	-	Limpieza de juntas y reparación de baches
Discos de diamante, piedras para pulir, cardas	-	Para uso con cortadora de concreto
Trapeadores, escobas y escobones	-	Limpieza de superficie
Mezcladores para pintura, adaptables al barreno		Preparación de mezclas
"Spiked shoes"		Desplazamiento de los trabajadores sobre las áreas de aplicación del acabado epóxico
Taza medidora de mínimo 1 litro de capacidad	-	Preparación de mezclas
Raspadores		Preparación de mezclas. Menor desperdicio de material. Pueden utilizarse los de cocina.
Masking tape, duct tape, nylon, tijeras, cubetas, trapos, cuchillas, thinner	-	Varias

#### **D. UNIFORME DE SEGURIDAD**

Debido a la exposición a químicos y a que se trabaja con distinta maquinaria, es imperativo el uso de uniforme y equipo de seguridad, obligatorio para todos los trabajadores. Se debe contar como mínimo con lo siguiente:

- Mascarillas con filtro contra gases y vapores
- Mascarillas para polvo
- Tapones de oídos
- Lentes protectores
- Chalecos reflectivos en caso de trabajar en horario nocturno
- Cascos
- Guantes de látex, resistentes a solventes
- Botas de seguridad industrial

En el capítulo VII se abarca con mayor detalle el tema del uniforme de seguridad y la seguridad en la aplicación y manejo de sistemas epóxicos.

## V. APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS

### A. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE APLICACIÓN

Es imperativa una visita al lugar de aplicación previo a ofertar cualquier tipo de trabajo, pues las condiciones varían de un proyecto a otro, y de ellas depende que pueda garantizarse el trabajo y cumplir con el costo y el tiempo estipulado. El contratista debe informar al dueño o representante del lugar acerca de las condiciones necesarias para realizar el trabajo, y no proceder con el inicio del trabajo hasta no contar con ellas.

Aunque dicho formulario puede variar según la perspectiva de cada contratista, el modelo a seguir debe contar básicamente con la siguiente información:

LOSA:

- Edad del piso existente:
  - Si el concreto es nuevo y se encuentra en buen estado (es decir, nivelado, sin baches, etc.) se recomienda una preparación química de la superficie para crear el perfil de anclaje adecuado.
  - Si la losa ya tiene bastante tiempo de estar en uso, deben evaluarse otros aspectos, como la presencia de contaminantes, la remoción de cualquier tipo de acabado y la reparación de grietas y baches, entre otros.
  
- Presencia de grietas. Si existen grietas, baches y otros, éstos deben repararse y demandan de material y recursos. Es por ello necesario cuantificar lo mejor posible estas imperfecciones y sus respectivas causas.
  
- Juntas de movimiento. El conocimiento del tipo de junta es importantísimo para una exitosa aplicación del sistema epóxico. Si la losa cuenta con juntas asfálticas, éstas deben ser removidas en su totalidad, pues los materiales derivados del petróleo reaccionan con el epóxico, impidiendo su curado.

**CONCRETO:**

- Datos acerca de armado, resistencia, etcétera: sirven para evaluar la resistencia de la losa a las cargas a las que es sometida. Debe comprobarse que el uso que se da a la superficie sea el mismo para el que fue diseñada o, de lo contrario, estará expuesta a fracturas, asentamientos, etcétera.
- Nivelación: es importante que el concreto se encuentre nivelado. De lo contrario, demandará una mayor cantidad de producto y el acabado no será el adecuado.

**TRÁFICO:** de este aspecto depende el espesor de película y el tipo de acabado que se da a la superficie. Para superficies con tráfico pesado no se recomiendan espesores de menos de 40 mills (milésimas de pulgada. 40 mills  $\approx$  1 mm).

**ATAQUE QUÍMICO:** deben seleccionarse sistemas resistentes a los distintos químicos que estén en contacto con la superficie. Para ello, es necesaria la consulta de las hojas técnicas y especificaciones de los productos.

**ATAQUE MECÁNICO:** para una oferta adecuada, debe establecerse si es necesario realizar trabajos de reparación de las losas.

**OBJETIVOS DEL CLIENTE:** es importante que el cliente defina el motivo por el cual desea el recubrimiento. Además, debe describir al aplicador el tipo de acabado y la apariencia última que desea en su piso. Debe explicársele que los mejores acabados (apariencia "de espejo") se logran con altos espesores de película, y que incurre en un costo mayor del proyecto.

**CONDICIONES DE TRABAJO:**

- Tiempo disponible: determina la cantidad de personas que deben trabajar en el equipo, tomando en cuenta los rendimientos. Si los horarios disponibles para la aplicación son "inhábiles", debe tomarse en cuenta el pago de horas extra.

- Zona de trabajo libre: de no tratarse del caso, debe tomarse en cuenta en la oferta la protección de equipos, maquinarias, paredes, etcétera.

Por razones de eficiencia, se recomienda contar con un formulario que deba llenar la persona que realice la visita a la obra y que incluya los aspectos mencionados con anterioridad. Un ejemplo de formulario para la Evaluación de Pisos es presentado en el apéndice A.

Los datos obtenidos luego de la visita a la obra deben tabularse y discutirse con el fin de recomendarle al cliente el sistema y tipo de aplicación que mejor se adapten a sus necesidades.

Es responsabilidad del cliente confirmar/aprovisionar lo siguiente:

- a. Si se trata de concreto nuevo, debe garantizarse que ha contado con un tiempo de curado mayor que 28 días. Además, el concreto debe tener resistencia mayor de 3,000 psi y un contenido de humedad de 3% como máximo.
- b. El área a ser recubierta cuenta con la adecuada protección de techos y paredes, además de encontrarse libre de tráfico, polvo y otros contaminantes que puedan resultar en atrasos para el aplicador.
- c. Remover el equipo y maquinaria que no sea fijo.

## **B. TRABAJOS PREVIOS SOBRE LAS LOSAS DE CONCRETO**

Cuando las losas presentan problemas en las juntas, o que se encuentre quebrada, agrietada con baches o con varios de dichos problemas a la vez, se recomienda realizar los siguientes trabajos de albañilería:

### **1. LIMPIEZA DE ROTURAS, GRIETAS, BACHES O JUNTAS.**

- Estas fisuras deberán limpiarse eliminando el polvo de las mismas, dejándolas perfectamente limpias y secas.
- Si se tiene que hacer alguna limpieza química (neutralización, desengrasado, etcétera), secar perfectamente la zona.

## **2. TRATAMIENTO DE LOSAS ROTAS CON PROBLEMAS EN LAS JUNTAS**

- Primero deben romperse los bordes de las losas con martillo y cincel, hasta alcanzar una profundidad mínima de 5 centímetros, o hasta llegar a una base resistente del concreto de la misma losa.
- Marcar la ubicación de las ranuras para poder ubicarlas posteriormente
- Aplicar el sello o primario epóxico sobre las ranuras.
- Antes de que polimerice el primario epóxico, cubrir con mortero de sello y arena de sílice las ranuras de las losas, haciendo desaparecer las juntas y nivelándolas a manera de que queden planas.
- Debe considerarse la formación de juntas en losas de concreto cuyas dimensiones no sean las adecuadas y que presenten grietas. Las juntas se harán haciendo los cortes mediante una máquina cortadora de concreto.

## **3. TRATAMIENTO DE GRIETAS Y FISURAS**

- Romper con el cincel y con martillo los senderos dibujados por las grietas hasta alcanzar la superficie sólida del concreto. Dicho corte, se hace en forma de cajón.
- Romper de igual modo las partes laterales de las grietas, solo que con menor profundidad, dejando por lo menos dos centímetros a cada lado de la grieta.
- Sellar las grietas y las paredes de las mismas.
- Antes de que fragüe el primario epóxico cubrir las grietas con mortero epóxico, llenando los senderos totalmente al ras de la losa, emparejando y nivelando.

## **4. TRATAMIENTO DE LOSAS EN LAS QUE EXISTAN HOYOS PROFUNDOS, BACHES Y CRATERES DE ESCASA PROFUNDIDAD**

- En el caso de losas dañadas, los problemas más frecuentes son hoyos y baches profundos, a los cuales se les tiene que desprender las superficies o partes mal adheridas.

- En el caso que dichos baches sean cráteres poco profundos, se rompe el piso hasta hallar la superficie sólida del concreto.
- Sellar en la parte profunda y en las paredes de los baches y cráteres.
- Antes de que fragüe el primario cubrir los baches con el mortero epóxico y resanar perfectamente la parte superior de la superficie hasta dejarla pareja y al nivel de la losa de concreto.

#### **5. CORTE DE JUNTAS EN LOSAS DE CONCRETO CUYO TAMAÑO RESULTE GRANDE Y EXAGERADO.**

- En general, las losas de concreto deben cumplir con ciertas dimensiones de acuerdo a su diseño. Cuando éste no fue el adecuado, presentarán grietas gruesas, mayores a 3mm, las cuales atravesarán la losa. Por ello, se procede a la creación de juntas por medio de cortes, dividiendo la losa en partes proporcionales.

#### **6. TRATAMIENTO DE LOSAS ONDULADAS O EN LAS QUE APAREZCAN LOMAS**

- En el caso de dichas losas, hay que utilizar una máquina escarificadora de estrellas, hasta dejar una superficie uniforme y después pasarle una máquina devastadora, a fin de emparejar la superficie.

### **C. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE**

La preparación de la superficie se define como el tratamiento del sustrato, que asegura que es posible el contacto íntimo entre la superficie y el recubrimiento.

Los contaminantes más comunes en una superficie a recubrir son: grasas, aceites, silicones, polvo y suciedad, óxido y recubrimientos envejecidos. Todos estos contaminantes deben retirarse de la superficie antes de la aplicación, de lo contrario, el recubrimiento presentará fallas de adherencia.

Si el medio ambiente está contaminado con vapores y residuos de otros materiales, será necesario encontrar la limpieza que elimine dichos contaminantes de la superficie.

Las funciones primordiales de una preparación de superficie son:

- Remover cualquier material que pueda ocasionar fallas en el recubrimiento
- Proveer una superficie que permita obtener una buena adhesión de la pintura

LA LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DEBE SER CUIDADA A SU MÁXIMO DETALLE, YA QUE REPRESENTA, HASTA EL 70% DEL ÉXITO DEL SISTEMA DE PINTURA.

Existen dos tipos de preparación de la superficie: mecánica y química.

**1. PREPARACIÓN MECÁNICA.** Debe realizarse cuando se tiene un concreto recubierto con algún acabado. Se sugiere realizar limpieza con detergente, cuando el concreto esté contaminado con aceites y grasas.

Existen varios tipos de preparación mecánica:

**a. "Shotblasting".** Consiste en un chorro abrasivo de acero, como el Blastrac. Es el método más recomendado, pues no crea polvo, tiene alta productividad (hasta 100 m<sup>2</sup>/h) y crea un buen perfil de anclaje.

La máquina debe utilizarse hasta obtener un concreto limpio y blanquecino con un acabado uniforme.

**b. "Sandblasting".** Utiliza un medio abrasivo impulsado por un medio neumático. Se utiliza para preparar tanto superficies horizontales como verticales. Entre sus desventajas pueden enumerarse que debe tenerse sumo cuidado para poder obtener una superficie con textura uniforme. Además, levanta demasiado polvo, por lo que no se recomienda en lugares cerrados.

La productividad es de 75 m<sup>2</sup>/h.

**c. Escarificación.** Es el método más utilizado para la preparación mecánica. Se realiza con una máquina escarificadora de concreto con

dientes de tungsteno en forma de estrella. Se recomienda cuando se deben remover materiales suaves como adhesivos asfálticos, recubrimientos elásticos u otros recubrimientos que no responden al chorro abrasivo.

La escarificación normalmente deja una superficie con "cicatrices" muy profundas, por lo que debe nivelarse previo a la aplicación si se desea un acabado uniforme. Puede suceder que la escarificadora no remueva completamente los materiales penetrados en la superficie, caso en el que deberá complementarse con otro de preparación química o mecánica.

La escarificación debe realizarse caminando hacia adelante con la máquina, regresándose en sentido contrario (en reversa). Para remover la mayor cantidad de partículas se recomienda repetir el mismo procedimiento en sentido transversal. Además, se debe tratar de mantener el mismo ritmo.

Después de la escarificación se sugiere aspirar la superficie, pues ésta queda con un polvillo fino que puede afectar la aplicación en caso de no ser removido.

La productividad estimada es de 15 m<sup>2</sup>/h.

**d. Esmeriladora de concreto.** La preparación de la superficie también puede realizarse con una esmeriladora con piedra de pulir o disco de corte. Este procedimiento no es muy utilizado por tener un rendimiento muy bajo.

**2. PREPARACIÓN QUÍMICA.** Se realiza cuando el concreto no tiene un recubrimiento, por lo que el principal objetivo es abrir el poro de la superficie para crear un perfil de anclaje.

Previo a la preparación química, se debe realizar una limpieza con un detergente que remueva las grasas y aceites. El lavado se realizará con una máquina pulidora empleando cepillos con cerdas duras de alambre.

#### **Preparación de la solución:**

- PARA LA PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE ÁCIDO, USAR MASCARILLA.
- Lo más común es preparar una solución de 5 litros de ácido fosfórico por 14 litros de agua, los cuales se mezclan en cubetas de 20 litros. No se recomienda la utilización de ácido muriático, ya que puede ocasionar

oxidación en la maquinaria o instalaciones que se encuentren en el área donde se realice la preparación química.

- Es importante que los 5 litros de ácido fosfórico se vacíen lentamente a la cubeta con agua y no realizar el proceso al revés pues la reacción entre el ácido el agua es violenta y podría dañar a quien esté realizando la mezcla.
- Verter el contenido de la solución ácida sobre el concreto, aplicándola con un mechudo de hilo o con escoba de cerdas de plástico, dejando que el ácido reaccione con la superficie en un espacio de por lo menos 5 minutos.
- Neutralizar el ácido con una solución de sosa cáustica diluida en agua en una proporción de 100 g por 10 litros de agua. Se aplicará en forma similar a como se aplicó el ácido fosfórico.
- Enjuagar el piso con agua abundante, barriéndolo con escobas y jaladores, verificando que las superficies del piso queden libres de grasas, suciedades u otros químicos que contaminen la superficie. No deben quedar charcos sobre la losa.
- Si después del lavado quedaran manchas de grasa, dulces u otros químicos hay que volver a lavar dichas manchas por separado las veces que sean necesarias hasta desaparecerlas de la superficie de concreto.
- Se debe dejar secando el concreto, por un período aproximado de 12 horas. Previo la la aplicación, a superficie debe estar completamente seca. Puede acelerarse el secado con empleo de sopletes o ventiladores, tomando las precauciones necesarias.
- **Se deberá obtener una superficie rugosa "Tacto-lija", de lo contrario, se deberá repetir la limpieza química hasta obtener dicha rugosidad.**

## D. APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS

### 1. APLICACIÓN DEL PRIMARIO

**a. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA.** Los recubrimientos primarios, también conocidos como "selladores", son por lo general productos de dos componentes, una base y un catalizador.

Para preparar la mezcla debe primero leerse la hoja técnica del producto, tomando en cuenta principalmente datos como las relaciones de

mezcla de los componentes, el tiempo de vida de la mezcla, rendimientos, temperatura de aplicación, etcétera.

Una vez obtenidos los datos de la hoja técnica, se procede a mezclar los componentes en un contenedor de mezcla limpio y con capacidad suficiente. La mezcla se realiza con baja velocidad durante aproximadamente 2 minutos.

Puede utilizarse un barreno con espas, como se muestra en las fotografías a continuación.

**Imagen 1: Preparación de la mezcla con barreno.**



**b. APLICACIÓN.** El primario debe ser aplicado mediante rodillo para esmalte liso (una felpa para solvente de aproximadamente 3/8"). Puede usarse brocha únicamente para recortes de muros y áreas pequeñas, pues su uso en áreas muy grandes ocasiona una exposición excesiva al solvente y un rendimiento muy bajo que puede conducir a la caducidad de la vida útil de mezcla.

Es importante obtener una cobertura apropiada y no permitir que el material se encharque en hoyos y depresiones.

Sólo deberá aplicarse primario en aquéllas áreas a ser recubiertas con el acabado o mortero en la misma jornada de trabajo. El tiempo de secado varía de un producto a otro, por lo que debe consultarse la hoja técnica.

La aplicación de la siguiente capa debe iniciarse ANTES de que seque completamente el primario. Se recomienda verificar cada 15 minutos la consistencia del primario, hasta obtener una consistencia pegajosa al tacto. Si el primario seca antes de que se aplique la capa de mortero o acabado, el área debe ser nuevamente sellada.

### **c. RECOMENDACIONES**

- La temperatura ambiente mínima de la superficie debe de ser 8°C en el momento de la aplicación.
- Aplicar sólo en una superficie limpia, sólida, seca y preparada adecuadamente.
- Limpiar las herramientas inmediatamente con trapos y solvente. El material endurecido requerirá remoción mecánica, la cual maltrata las herramientas además de ser muy lenta.
- No aplicar sobre concretos que tengan menos de 30 días de haberse colocado.
- Respetar los espesores de película recomendados

### **d. PRECAUCIONES**

- Evitar el contacto con las partes del primario, que pueden causar irritación de piel y/u ojos.
- Utilizar un respirador apropiado, lentes de seguridad y guantes impermeables.
- En caso de contacto, enjuagar el área con agua limpia.
- Lavar la piel con agua y jabón después de usar y antes de comer, fumar, etcétera.
- La aplicación del primario debe realizarse únicamente con ventilación adecuada, pues de lo contrario la exposición al solvente sería excesiva.

## 2. APLICACIÓN DEL ACABADO

**a. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA.** Los acabados epóxicos son, por lo general, productos de dos componentes, diseñado para proporcionar una superficie atractiva, lisa, fácil de limpiar y resistente a químicos. Después de su aplicación, cura formando una superficie densa, impermeable con un terminado brillante. Sus aplicaciones ideales incluyen cuartos limpios, laboratorios, áreas de ensamble electrónico, y cualquier área que requiera durabilidad y altos estándares de limpieza.

Para preparar la mezcla debe primero leerse la hoja técnica del producto, tomando en cuenta principalmente datos como las relaciones de mezcla de los componentes, el tiempo de vida de la mezcla, rendimientos, temperatura de aplicación, etcétera.

Una vez obtenidos los datos de la hoja técnica, se procede a mezclar los componentes en un contenedor de mezcla limpio y con capacidad suficiente. La mezcla se realiza con baja velocidad durante aproximadamente 5 minutos.

**b. APLICACIÓN.** El acabado epóxico se coloca repartiéndolo con una plancha de albañil dentada o con un jalador largo en áreas abiertas en forma constante para que el espesor de película sea homogéneo. En caso de que hubiese hoyos o desniveles en el momento de pasar la plancha, una cantidad mayor de material quedará confinada en dichas áreas, resultando en una superficie uniforme.

Es importante designar una persona encargada de medir constantemente los espesores de película húmeda, con el fin de indicar al aplicador las áreas en las que sobra o falta material.

Una vez medido el espesor, debe pasarse sobre la superficie el rodillo "de picos" o bubblebuster. Éste impide la formación de burbujas de aire y permite una distribución más uniforme del material.

**c. RECOMENDACIONES.** En áreas grandes, se recomienda marcar las áreas de trabajo para cada aplicador, con el fin de lograr espesores uniformes y mejores rendimientos. Además, la aplicación debe realizarse "de

adentro hacia afuera", para evitar el paso en las superficies sobre las que ya se aplicó el acabado. Se recomienda el uso de zapatos especiales ("spiked shoes") para el desplazamiento de los aplicadores, como los mostrados en la imagen.

Además se recomienda la formación de equipos de trabajo que comprendan:

- Aplicadores con plancha dentada: tomar en cuenta rendimientos para definir la cantidad de éstos en cada equipo.
- Medidores de espesor
- Una persona que pase el rodillo "bubblebuster"
- Persona encargada de entregar mezclas y cualquier herramienta que necesite el aplicador.
- Equipo de limpieza de herramientas usadas y protección de paredes, maquinaria, etcétera.
- Equipo de mezclas

#### **d. PRECAUCIONES**

- El equipo de trabajo debe contar con el uniforme de seguridad adecuado.
- No aplicar en áreas sin ventilación.
- Verificar que la temperatura ambiental se encuentre dentro de los límites especificados para el producto.
- No aplicar producto que haya sido mezclado en un tiempo previo al tiempo de vida de la mezcla.
- No aplicar si la mezcla se calienta o reacciona de forma inusual.
- Evitar el contacto con las componentes del sistema. En caso de contacto, enjuagar con abundante agua.
- Leer hojas técnicas.

### **3. APLICACIÓN DEL MORTERO EPÓXICO**

**a. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA.** Los morteros epóxicos constan generalmente de tres componentes: los dos componentes del acabado epóxico más un componente granular (comúnmente arena de sílice) que le

permite curar rápidamente, formando una superficie antideslizante y excepcionalmente duradera. Estas propiedades hacen al mortero ideal para ser usado en áreas sujetas a impactos, tráfico pesado o abrasivo y salpicaduras de sustancias corrosivas.

Es importante que antes de realizar la mezcla se lean las especificaciones y hojas técnicas del producto para obtener la información necesaria para una aplicación exitosa.

Deben primero mezclarse los componentes del acabado epóxico como se indicó en el apartado B. Una vez integradas estas partes, incorporar la tercera parte (la arena de sílice) al recipiente de mezclado en agitación. Permitir el mezclado de los tres componentes durante tres minutos.

**b. APLICACIÓN.** El material se esparce manualmente o con un aplicador "screed" (figura). Una vez repartido, el mortero se compacta y alisa con espátulas de albañil, usando la suficiente presión para compactar el material al espesor requerido. Después, manteniendo la espátula en un ángulo ligeramente menor, suavizar cualquier marca de la espátula.

Si el mortero se levanta creando una superficie rugosa o abierta, es porque la espátula está siendo mantenida en un ángulo incorrecto o porque se encuentra sucia. En este último caso, limpiar la espátula con un trapo con solvente o agua, recordando secarla antes de usarla nuevamente.

La superficie terminada del mortero debe estar nivelada, libre de marcas de espátula y cerrada. Además, el material deberá estar perfectamente compactado para brindar las óptimas propiedades físicas.

Los procedimientos de mezclado, distribución de material y aplicación se repiten cuantas veces sean necesarias hasta que el área completa ha sido cubierta. La cobertura y espesor deben revisarse a intervalos frecuentes durante la aplicación.

### **c. RECOMENDACIONES**

- Tomar en cuenta que el componente granular se mide en peso, no en volumen como los componentes del acabado.
- Si el material se aplica a una hendidura, ésta debe ser llenada y cubierta de material junto con el piso, con el fin de proporcionar una transición sin junta.

- En áreas largas y abiertas, puede usarse una máquina allanadora para compactar y alisar la superficie del material.
- Permitir secar 4 horas mínimo si se deseara aplicar otro acabado.

#### **d. PRECAUCIONES**

- Cuando se instala mortero en cuartos fríos, la temperatura debe mantenerse constante y dentro del margen dado por la hoja técnica por lo menos durante 18 horas después de la aplicación. Después este tiempo, el enfriamiento del área debe hacerse lentamente para evitar fallas en el sistema.
- El equipo de trabajo debe contar con el uniforme de seguridad adecuado.
- No aplicar en áreas sin ventilación.
- Verificar que la temperatura ambiental se encuentre dentro de los límites especificados para el producto.
- No aplicar producto que haya sido mezclado en un tiempo previo al tiempo de vida de la mezcla.
- No aplicar si la mezcla se calienta o reacciona de forma inusual.
- Leer hoja técnica del producto.

## VI. PROCESO DE APLICACIÓN DE UN SISTEMA EPÓXICO

### Imagen 2: Estado del piso previo a la aplicación.

Pueden notarse levantamientos en la pintura existente, falta de brillo y marcas de abrasión por el alto tránsito de vehículos y maquinaria en el área.



### Imágenes 3 y 4: Preparación mecánica de la superficie con escafificadora.

En la imagen 3 se está escafificando en sentido longitudinal y en la 4 en sentido transversal, como se indica en la sección de preparación mecánica de la superficie.



**Imagen 5: Preparación mecánica de la superficie con cortadora de concreto.**  
Notar que el personal cuenta con equipo de seguridad: mascarilla para polvo, lentes de seguridad y casco.



**Imagen 6: Vista general de la superficie luego de la preparación mecánica.**



**Imagen 7: Limpieza de juntas.**

Se eliminaron las juntas asfálticas existentes.

**Imagen 8: Aspirado de la superficie.**

**Imagen 9: Lavado de la superficie.**

Con lavadora a presión. En áreas pequeñas puede realizarse con mangueras, aunque con rendimientos menos satisfactorios.

**Imagen 10: Vista general de la superficie una vez lavada.**

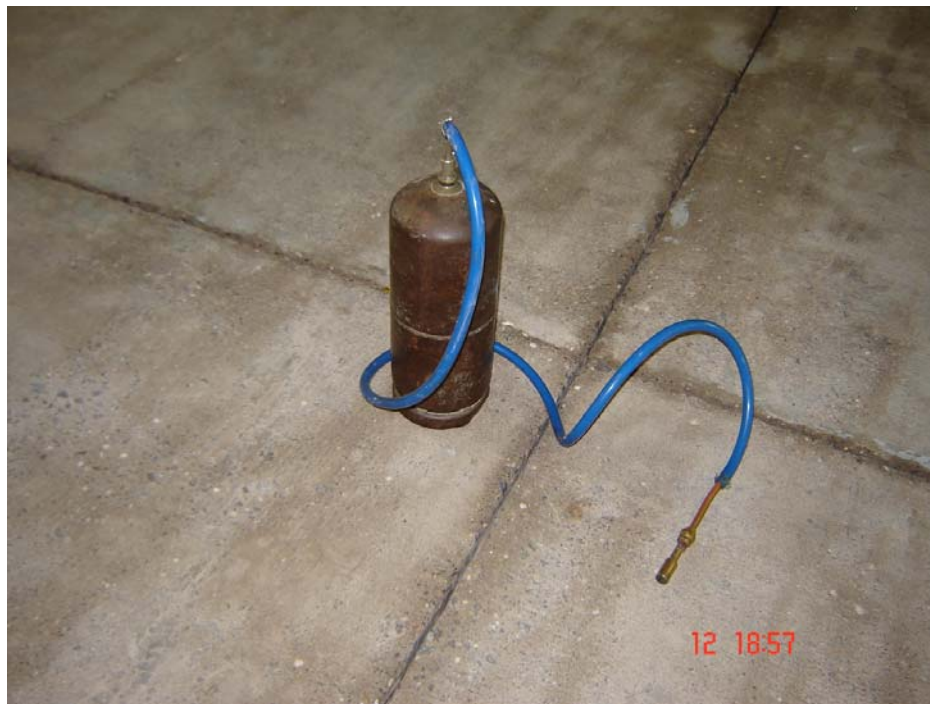
**Imágenes 11 y 12: Secado de la superficie.**

Con trapos, sopletes y "squeeges".



**Imagen 13: Secado de juntas.**

Con soplete y fuego, pues son áreas donde tiende a acumularse la humedad.

**Imagen 14: Protección de paredes y equipo fijo.**

**Imagen 15: Aplicación del primario.**

Las juntas están siendo llenadas con una mezcla del primario con arena.



**Imagen 16: Acabado final de las juntas una vez rellenas con primario y arena.** Una vez llenas las juntas, debe barrerse la superficie para eliminar el exceso de arena.



**Imagen 17: Aspas para preparación de la mezcla.**

La fotografía muestra un mezclador para pintura Jiffler de Krafttools® con 2 ruedas de acero de 6.5" y eje 1/2" x 24". Este se adapta al barreno con broca de 1/2".

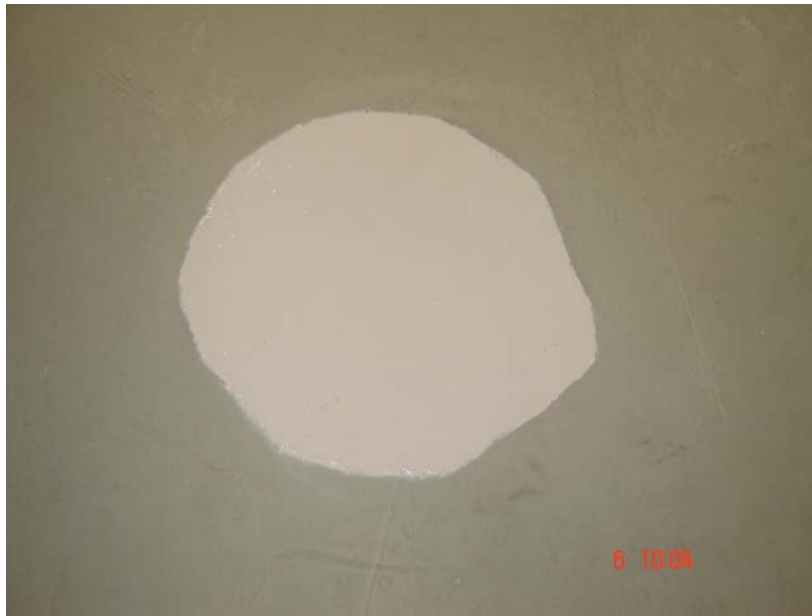
**Imagen 18: Preparación de la mezcla.**

Notar que el área de mezclas se encuentra protegida con nylon, para evitar manchar el piso.



**Imagen 19: Reparación de baches.**

Los baches se llenan con el mismo producto a ser aplicado.

**Imagen 20: Zapatos para aplicación ("spiked shoes").**

Como en Guatemala no venden de estos zapatos, éstos han de ser importados. Debido a cuestiones de tiempo, los mostrados en la fotografía fueron improvisados por los aplicadores, fabricándolos con tablones de madera y clavos de acero.



**Imágenes 21 y 22: Aplicación de acabado epóxico con espátula de albañil.**

En las fotografías puede notarse que los aplicadores se encuentran divididos en grupos de 3: dos aplicadores y uno encargado de medir espesores

(Encerrado en círculo en imagen 23)



**Imagen 23: Aplicación de acabado epóxico con espátula de albañil.**



**Imagen 24: Medidor de espesores.**

El medidor mostrado en la fotografía mide espesores de película húmeda de entre 5 y 200 mils.



Imágenes 25 y 26: Rodillo de picos (“bubblebuster” o “spiked roller”).

Debe importarse.



**Imagen 27: Aplicación con jalador de metal.**

Los hay de distintos tamaños y pueden graduarse para distintos espesores de película. Útiles en espacios abiertos.

**Imagen 28: Acabado final de la superficie.**

Notar el brillo y la apariencia de espejo del acabado.



Imagen 29: Acabado final de la superficie.



Imagen 30: Antes y después.



ANTES

DESPUÉS

## VII. FALLAS COMUNES EN LA APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS: CÓMO PREVENIRLAS, DETECTARLAS Y SOLUCIONARLAS

Las fallas en los recubrimientos ocurren cuando la película aplicada ya no protege al sustrato. Las fallas prematuras ocurren cuando el sistema de pintura se deteriora y el sustrato se corroe más rápido de lo esperado.

### A. PRINCIPALES CAUSAS DE LAS FALLAS EN LOS SISTEMAS EPÓXICOS

**1. Selección errónea del sistema de pintura.** Una de las principales causas de fallas en los recubrimientos es la selección errónea del tipo de recubrimiento empleado.

Una selección correcta basarse en diferentes criterios:

- Desempeño del recubrimiento en aplicaciones similares
- Propiedades químicas y físicas del recubrimiento
- Condiciones a las que estará expuesto el recubrimiento

Ningún recubrimiento es resistente a todas las condiciones atmosféricas, ni exposiciones de químicos, por consiguiente, debe seleccionarse el sistema de pinturas más adecuado.

**2. Medio ambiente.** Un aspecto importante a considerar es la selección del recubrimiento dependiendo del medio ambiente al cual estará expuesto. Los elementos naturales corrosivos son el oxígeno y el agua. Normalmente no se presentará corrosión, o se presentará en un menor grado, si los dos elementos no están en contacto con el sustrato.

Otros elementos naturales que pueden dañar el recubrimiento son:

- La luz solar, particularmente los rayos ultravioleta, afectan los componentes orgánicos de los recubrimientos

- El viento y viento con abrasivos
- La biodegradación por bacterias y hongos
- Temperaturas variables y extremosas

La corrosión se presenta en casos más severos y frecuentes en atmósferas industriales más que en atmósferas rurales. Esta diferencia ocasiona que un mismo recubrimiento tenga un tiempo de vida del 50 - 70% en una zona industrial.

**3. Preparación inadecuada de la superficie.** Los expertos estiman que el 70% de las fallas de los recubrimientos son causadas por una preparación de superficie no adecuada. Los principales contribuyentes para las fallas son:

- Especificaciones erróneas
- No se han seguido las especificaciones de la aplicación
- Inspección inadecuada

Si los contaminantes no se remueven, el recubrimiento tendrá baja adherencia.

**4. Método erróneo de aplicación.** El emplear un método erróneo de aplicación puede ocasionar una falla prematura en el recubrimiento.

El mezclado de los compuestos involucra las proporciones adecuadas de cada compuesto y un mezclado completo hasta obtener una pintura homogénea.

Al usar reductores, cerciorarse que se está haciendo en las proporciones correctas de acuerdo al método de aplicación.

## **B. FALLAS MÁS COMUNES EN LOS SISTEMAS EPÓXICOS**

**1. Discontinuidad.** Un recubrimiento debe ser continuo para que su función como protección de barrera sea efectiva. La discontinuidad puede

ser ocasionada cuando una parte del solvente se evapora antes de que la pintura alcance el sustrato.

Para evitar esta falla aplique un espesor de película húmeda suficiente para alcanzar el espesor de película seca requerido.

**2. Falta de adhesión.** Una mala adhesión puede surgir por la preparación incorrecta de superficie, los métodos de aplicación y/o la técnica de aplicación.

La falta de adhesión desemboca en las siguientes fallas:

- Hojuelamiento: pequeñas partes (diámetro menor a 0.635 cm) se separan de la superficie
- Delaminado: partes mayores del recubrimiento se desprenden de la superficie.
- Escarapelado: es una falla extrema del recubrimiento. Esta falla es la predecesora de la ruptura de la pintura.

El alcanzar un perfil de anclaje adecuado con la preparación mecánica evitará que se origine una falla por poca adhesión mecánica.

Cuando se involucra un sistema de pintura multicapa se requiere conocer la compatibilidad entre recubrimientos para prevenir una delaminación entre capas.

**3. Ampollamiento.** El ampollamiento de la pintura es causado por gases y/o líquidos que han quedado atrapados en el recubrimiento. Estos gases y líquidos ejercen una presión mayor a la de adhesión y cohesión e impulsan el abultamiento del recubrimiento.

Si la presión de las ampollas es demasiado intensa, las ampollas se romperán exponiendo las capas inferiores o el recubrimiento a la intemperie.

El entrapamiento de solventes puede prevenirse al permitir que el recubrimiento seque al aire un tiempo prolongado.

El ampollamiento osmótico y químico es el resultado de una aplicación sobre una superficie contaminada con sales en agua o cloros. El ampollamiento osmótico se previene con la remoción de las sales.

**4. Marcado, piel de cocodrilo y fractura.** El marcado son pequeñas rupturas en la superficie del recubrimiento sin que penetren el sustrato.

La piel de cocodrilo son rupturas grandes y extensivas pero que no penetran el sustrato.

Las fracturas son rupturas del recubrimiento que penetran hasta el sustrato.

Este tipo de fallas se presentan cuando el esfuerzo cortante en el recubrimiento es mayor que la elasticidad de la pintura. Para prevenir estas fallas es necesario evitar aplicar la pintura a espesores mayores a los recomendados, aplicar acabados sobre capas inferiores que no han secado adecuadamente y seleccionando sistemas compatibles y flexibles.

**5. Levantamiento.** El levantamiento del recubrimiento es el reblandecimiento y expansión de una capa inferior ocasionada por los solventes de la capa superior. Para prevenir el levantamiento, se debe hacer una selección adecuada de solvente, permitir que la capa inferior seque completamente y utilizando un enlace.

**6. Arrugamiento.** Un recubrimiento se arruga cuando la capa del acabado se expande mucho más rápido que el secado del primario.

Para prevenir las arrugas, es necesario aplicar los recubrimientos bajo las condiciones de secado especificadas.

**7. Caleo.** El caleo ocurre cuando la superficie de la pintura se convierte en polvo después de cierta exposición a la intemperie. El espesor de la pintura disminuye hasta que pierde sus características de protección. El caleo lo ocasionan los rayos ultravioleta, la humedad, el rocío y el oxígeno del aire.

El caleo puede controlarse con sistemas que son resistentes a la descomposición o si los pigmentos refuerzan la pintura. Por ejemplo, la adición de pigmentos de aluminio a un acabado puede retardar el caleo .

**8. Ojos de pescado.** Estas fallas ocurren con diferentes tipos de pinturas, incluyendo los epóxicos. Las causas principales de los ojos de pescado y sus medidas preventivas son:

- Presencia de agua o aceite en los recubrimientos. Se evita al filtrar el aire con el que se realiza la aspersión.
- Presencia de agua o aceite en la superficie. Se evita al inspeccionar y remover estos contaminantes antes de la aplicación.
- El convertidor no está disperso homogéneamente. Esto se evita con un mezclado adecuado.

**9. Traslape.** Cuando cada "brochazo" o pasada con la espátula o rodillo está visible después de que ha secado el epóxico y el sistema permite ver el traslape de manos. Esto ocurre cuando se emplean solventes de secado rápido. Para evitar esta falla será necesario utilizar un solvente retardante.

**10. Manchado.** Consiste en una película blanca, o falta de brillo, que se presenta en la superficie del epóxico después de aplicado. Es causada por el agua en los recubrimientos que han sido aplicados durante períodos excesivamente húmedos (más del 85% de humedad relativa).

Si la especificación lo permite, la adición de un solvente de evaporación lenta puede disminuir la cantidad del manchado.

**11. Falta de curado.** La falta de curado puede ser ocasionada por:

- Utilización de un reductor incompatible con el sistema
- Empleo de un equipo contaminado
- Proporción inadecuada de la mezcla
- Aplicación en un espesor mayor al especificado
- Temperaturas muy bajas fuera de los límites especificados en las hojas técnicas
- Falta de tiempo de mezclado.

**12. Escurrido.** El escurrido se presenta bajo las siguientes circunstancias:

- Aplicación de mucha pintura por capa
- Uso de demasiado reductor
- Temperatura ambiente muy baja
- Mezclado inadecuado
- Expiración de la vida útil

## VIII. MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS EPÓXICOS

Gracias a que los sistemas epóxicos no son porosos, el mantenimiento y limpieza de los mismos es relativamente fácil, pues la contaminación no lo penetra, sino que se mantiene en la superficial.

El principal factor de deterioro de los sistemas de piso epóxico es la suciedad. Con el tráfico, las partículas finas de polvo actúan como abrasivos, y de no ser removidas constantemente, la vida útil del sistema disminuirá considerablemente.

La composición de un sistema epóxico permite que éste sea resistente a la mayoría de los compuestos de los productos de limpieza, siempre y cuando éstos sean utilizados y lavados de forma correcta. Es siempre recomendable realizar una prueba de limpieza en un área pequeña previo a utilizar algún producto, pues algunos limpiadores contienen químicos que podrían ser agresivos para los componentes de un sistema epóxico.

### A. MÉTODOS TÍPICOS DE LIMPIEZA

Los métodos de limpieza utilizados con mayor frecuencia son:

**1. Limpieza manual o mecánica.** Se realiza limpiando manualmente la superficie con detergentes. Es importante que se deje actuar el agente de limpieza antes de desaguarlo. El desagado se hace lavando el área con agua limpia y escurriéndola con trapeadores o "squeegees" hacia los drenajes.

**2. Limpieza con lavadora a presión.** Debe esparcirse y dejarse actuar al detergente sobre la superficie, para luego remover por completo la contaminación con la presión de la lavadora. El detergente también puede aplicarse directamente al agua de la lavadora, aunque para realizar el desagado habría que sustituirlo por agua limpia.

## **B. RECOMENDACIONES ADICIONALES**

- Se recomienda aplicar al sistema un recubrimiento acrílico con intervalos de seis meses para prolongar su tiempo de vida.
- Dependiendo del tipo de tráfico, una nueva capa de acabado será necesaria cada tres a cinco años.
- Es importante reparar cualquier daño o irregularidad que surja en el sistema, tales como quiebres por el movimiento de las juntas de expansión, agujeros, abuso extremo del impacto o ampollamiento debido a la exposición a determinados químicos. Estos daños o irregularidades tienden a suceder en el ambiente industrial, y deben ser reparadas a tiempo para evitar daños mayores.

## IX. SEGURIDAD EN LA APLICACIÓN

### A. INTRODUCCIÓN

La información contenida en esta guía cumple con el propósito de instar a los supervisores a que impartan instrucción a sus empleados acerca del manejo seguro de los sistemas epóxicos. La guía puede usarse como complemento a otros manuales de seguridad, incluyendo las hojas técnicas de los productos y manuales de uso y manejo de los mismos.

### B. QUÍMICOS UTILIZADOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

En general, los sistemas epóxicos tienen propiedades peligrosas, pero pueden ser manejados de forma segura con una adecuada instrucción y supervisión.

Un sistema epóxico es dañino en la medida en que sus componentes lo sean. A continuación se describen los potenciales riesgos asociados con los diversos componentes de un sistema.

**1. RESINAS EPÓXICAS.** Los tres tipos generales de resina epóxica son líquida, sólida o líquida modificada, y cada una presenta diferentes tipos de riesgo:

- Resinas líquidas: pueden producir leves irritaciones en la piel, ojos y membranas mucosas. El potencial de irritación puede aumentar debido a su naturaleza pegajosa, la cual tiende a producir un contacto demasiado prolongado con la piel.
- Resinas sólidas: presentan un bajo riesgo de irritación en la piel y ojos. Cuando se pegan a algún polvo fino, deben considerarse un polvo irritante, por lo que debe evitarse su inhalación y el contacto con la piel.
- Resinas líquidas modificadas: son resinas modificadas por la adición de agua, diluyentes reactivos o solventes. Debido a que son sustancias de alta volatilidad, pueden causar leves irritaciones de la piel, ojos y del tracto respiratorio. Pueden ser muy dañinos bajo ciertas condiciones, como al

calentarse o durante exposiciones muy largas. Experimentos con animales de laboratorio han demostrado que algunas resinas modificadas pueden causar cáncer de piel.

**2. AGENTES CURADORES/ENDURECEDORES.** Tanto las aminas como los anhídridos pueden causar irritación y daños a la piel, ojos y pulmones. Las aminas aromáticas son las menos irritantes, aunque ciertos tipos pueden ser absorbidos por la piel y causar daños a órganos como el hígado e interferir en la habilidad de la sangre para transportar oxígeno.

Experimentos con animales de laboratorio han demostrado que algunas aminas aromáticas pueden causar cáncer de piel.

**3. SOLVENTES.** Los solventes presentan un alto riesgo de inflamabilidad. Además, el contacto con los solventes puede causar resequedad e irritación en la piel. La inhalación del vapor de los solventes puede causar irritaciones respiratorias y depresión del sistema nervioso central. Esto puede provocar mareo, somnolencia, pérdida del equilibrio, falta de coordinación, inconsciencia e incluso la muerte en casos de sobre exposición.

**4. DILUYENTES REACTIVOS.** Los más comunes son de la familia de los éteres glicéricos, los cuales vaporizan más rápidamente que la resina epóxica, por lo que representan un mayor potencial de exposición a la inhalación.

**5. ADITIVOS.** El contacto con los aditivos puede causar daños a la piel y agravar los efectos irritantes de la resina epóxica. La exposición a la inhalación de los aditivos como la arena de sílice o la fibra de virio puede resultar en enfermedades pulmonares.

La tabla 4 resume los posibles daños asociados con las componentes de los sistemas epóxicos.

## **C. RIESGO DE EXPOSICIÓN DURANTE LA APLICACIÓN**

El grado de exposición varía con el proceso o tarea que se realice. La tabla 5 resume los riesgos de exposición durante las diferentes tareas de la aplicación de sistemas epóxicos.

**Tabla 4: Riesgos por exposición a las componentes de los sistemas epóxicos**

COMPONENTE DE LA RESINA EPÓXICA*	EJEMPLOS/TIPO	EXPOSICIÓN CON LA PIEL	EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN	EXPOSICIÓN POR INGESTIÓN
Resinas líquidas	Obtenida del producto de la reacción entre epiclorhidrina y bisphenol A o bisphenol F	- irritantes suaves a moderados	- baja volatilidad, exposición poco frecuente, a menos que sea calentado o en exposiciones en áreas con poca ventilación	Baja toxicidad
Resinas sólidas	Obtenida del producto de la reacción entre epiclorhidrina y bisphenol A o bisphenol F	- irritantes suaves a moderados - no son absorbidos por la piel	- baja volatilidad, exposición poco frecuente	Baja toxicidad
Resinas líquidas modificadas	Obtenida a partir de una resina líquida con solvente o diluyente añadido	- irritantes moderados	- baja volatilidad, exposición poco frecuente, a menos que sea calentado o en áreas con poca ventilación	Baja toxicidad
Aminas alifáticas y cicloalifáticas	-	- irritantes y corrosivos - absorbidos a través de la piel	- irritantes de las vías respiratorias	Alta toxicidad
Aminas aromáticas	-	- absorbidos a través de la piel - efectos dañinos a largo plazo	- irritantes de las vías respiratorias	Toxicidad moderada a alta
Anhídridos	-	- corrosivos	- el polvo puede causar irritación	Alta toxicidad
Diluyentes reactivos	Éteres glicéricos	- irritantes moderados a fuertes	- volatilidad moderada	Baja toxicidad
Solventes	Acetona, metil etil cetona (MEK), tolueno, xileno, glicol, éteres, alcohol	- resecan la piel - algunos pueden ser absorbidos a través de la piel	- alta volatilidad, alto riesgo de exposición - irritantes de las vías respiratorias - depresión del sistema nervioso central (mareos, somnolencia, etc.)	Baja toxicidad, efectos a largo plazo
Aditivos	Fibra de vidrio, sílices, carbonato de calcio, metales pulverizados, pigmentos	- algunos pueden ser absorbidos a través de la piel	- el polvo puede causar irritación	Baja toxicidad

\*Consultar manuales y hojas técnicas de los productos que se utilizan.

**Tabla 5: Riesgo de exposición en los procesos de producción**

PROCESO	POTENCIAL DE EXPOSICIÓN			COMENTARIOS
	Piel	Inhalación	Ingestión	
Aplicación a mano	alto	alto	bajo	La aplicación en áreas muy grandes, poco ventiladas o con temperaturas muy altas puede aumentar los riesgos por inhalación.
Recubrimientos	alto	alto	bajo	La aplicación de los recubrimientos por medio de un aerógrafo causa la generación de aerosoles que aumentan la exposición a la inhalación.
Preparación y distribución de mezclas	alto	medio	bajo	-
Preparación de superficie / Acabados	alto	alto	bajo	Estas actividades generan polvo que incrementa la exposición a la inhalación.
Limpieza	alto	alto	bajo	El potencial de efectos dañinos aumenta debido al uso de solventes.
Mantenimiento	alto	medio	bajo	-

## D. CONTROL DE SEGURIDAD

**1. CONTROL DEL ÁREA DE TRABAJO.** La protección de los trabajadores ante los dos mayores riesgos, el contacto con la piel y la inhalación, consiste de tres condiciones del área de trabajo:

- Ventilación adecuada
- Equipo y uniforme de seguridad adecuados
- Buena organización

**2. CONTROL DE PROCESOS.** El control de procesos es el más efectivo y debe ser el primero en implementarse. Dicho control consiste en modificar los procesos o los equipos de forma tal que se reduzca la cantidad de materiales potencialmente dañinos a los que un empleado está expuesto. Los controles

primarios utilizados al trabajar con sistemas epóxicos son el aislamiento y la ventilación.

El aislamiento de un proceso es una medida de higiene industrial. Debido a la potencial irritación que pueden causar los sistemas epóxicos, el uso de los químicos de dichos sistemas debe aislarse, de ser posible, a áreas designadas separadas al área de aplicación.

La ventilación es el método estándar para controlar la exposición de los empleados a los vapores de las resinas epóxicas y los solventes, por medio del control del flujo del aire en el área de aplicación. Los sistemas de ventilación deben diseñarse de modo que los vapores, aerosoles y polvos sean extraídos de las zonas de respiración de los trabajadores. Una fuente de aire no contaminado debería encontrarse al alcance de los trabajadores durante todo el tiempo que dure la aplicación.

El buen control de la ventilación se rige por dos reglas básicas:

- Chequear que el sistema de ventilación se encuentre encendido y que funcione adecuadamente antes de iniciar cualquier trabajo que involucre sistemas epóxicos.
- Para que el sistema de ventilación trabaje adecuadamente deben realizarse chequeos y mantenimientos periódicos.

### **3. EQUIPO DE SEGURIDAD**

**a. Protección de ojos.** La protección de ojos puede hacerse por medio de lentes de seguridad con protección lateral, caretas y máscaras respiradoras, entre otros. El tipo de protección de ojos requerido depende del potencial daño causado por el producto a utilizar. Cuando existe peligro por vapores, aerosoles o polvos, los ojos deben ser protegidos con lentes resistentes a químicos.

**b. Guantes.** La selección apropiada de guantes resistentes a químicos implica la comparación de las características del guante con los requerimientos de la tarea de producción a realizarse.

Información de las características de los guantes puede obtenerse de la fábrica de los mismos. La tabla 6 muestra las características de los guantes de materiales genéricos

**Tabla 6: Resistencia química de los diferentes tipos de guante**

Material del guante	Componente del sistema epóxico			
	Resinas líquidas o sólidas	Resinas modificadas	Endurecedores	Solventes
Laminado de alcohol etílico vinílico	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Goma	Excelente	Excelente	Excelente	Buena
Nitrilo	Excelente	Buena	Regular	Regular
Neopreno	Excelente	Buena	Regular	Regular
Vinil (PVC)	Excelente	Pobre	Pobre	Pobre

Excelente – tiempo de duración<sup>1</sup> > 480 minutos

Buena - tiempo de duración > 20 minutos

Regular - tiempo de duración < 20 minutos

Pobre – degradación del material del guante durante la prueba

**c. Uniforme de seguridad.** Se utiliza para prevenir el contacto de las sustancias con la piel. Aplican las mismas características de materiales y uso descritas para los guantes.

**d. Respiradores.** Los respiradores pueden ser de dos tipos: purificadores de aire o proveedores de aire. Los purificadores de aire usan filtros y absorbentes para remover los vapores y partículas químicas del aire, mientras que los proveedores de aire utilizan una fuente externa de aire.

Los respiradores deben utilizarse cuando:

- Los niveles de exposición a solvente son altos
- Se realiza alguna actividad que produzca mucho polvo (por ejemplo, la preparación mecánica de la superficie)
- Se presentan olores irritantes

<sup>1</sup> Tiempo de duración: tomado de la definición de la American Society for Testing and Materials (ASTM) F-739-96

**4. BUENAS PRÁCTICAS E HIGIENE PERSONAL.** Es importante que los empleados hagan uso de buenas prácticas de seguridad. Para ello deben contar con instrucciones de seguridad y procedimientos de operación de los diferentes procesos. Algunas prácticas fundamentales y fáciles de implementar que pueden utilizarse para minimizar los riesgos durante la aplicación de sistemas epóxicos incluyen:

- Seguimiento apropiado de los procedimientos de la actividad y el uso del equipo.
- Dar el uso y mantenimiento apropiado al equipo de seguridad
- Mantener un programa de higiene personal
- Velar por el orden durante la aplicación
- Disposición adecuada de los objetos contaminados
- Inspección y mantenimiento del equipo
- Supervisión constante de los trabajos
- Facilitar a los trabajadores áreas de comedor aisladas del área de aplicación.

**5. CAPACITACIÓN.** El uso y manejo seguro de los sistemas epóxicos requiere que todos los empleados que trabajan con ellos sean capacitados en los procedimientos de seguridad. El programa de capacitación debe incluir como mínimo los siguientes ítems:

- Etiquetas, hojas técnicas y de seguridad de los materiales
- Procedimientos de emergencia
- Riesgos por exposición a los productos
- Primeros auxilios
- Control del área de trabajo
- Uniforme y equipo de seguridad personal
- Procedimientos para un manejo seguro de los materiales

## **E. PRIMEROS AUXILIOS**

**1. PIEL.** Si la piel o la ropa se contamina con el sistema epóxico, remover inmediatamente y lavar el área expuesta con agua y jabón durante por lo menos 15 minutos. En caso de irritación, buscar atención médica.

**2. OJOS.** Si los ojos son contaminados, deben enjuagarse con agua abundante. Debe buscarse atención médica.

**3. INHALACIÓN.** Si algún trabajador experimenta algún problema respiratorio debe removérsele inmediatamente del área contaminada y llevarlo hacia un área con aire fresco. Si la persona deja de respirar, debe proveérsele respiración artificial y buscar atención médica inmediatamente. Si la respiración es dificultosa, transportar al individuo a un centro de atención médica y, de ser posible, proveerle una fuente suplementaria de oxígeno.

**4. INGESTIÓN.** Si el material es ingerido accidentalmente, buscar atención médica de inmediato. Si la víctima se encuentra consciente, darle agua pura para beber. No inducir el vómito a menos que lo indique el médico.

## X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los sistemas epóxicos mejoran las propiedades de resistencia mecánica y química de las losas de concreto.
- El índice de dureza de los pisos recubiertos con epóxicos es mayor que el del piso de concreto sin dicho recubrimiento.
- Se recomienda :
  - Que las aplicaciones se hagan siguiendo los procedimientos especificados en las hojas técnicas de los productos y en los manuales de los proveedores.
  - Realizar pruebas de productos previas a realizar una aplicación.
  - Establecer normas de seguridad en el manejo y aplicación de los sistemas epóxicos, pues éstos tienen componentes que pueden resultar dañinos.
  - Que durante las aplicaciones se lleven hojas de control de los equipos, herramientas, rendimientos de los trabajadores, materiales utilizados, etcétera.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. *ASTM F739-96 Standard Test Method for Resistance of Protective Clothing Materials to Permeation by Liquids or Gases Under Continuous Contact*, 1997. American Society for Testing and Materials. Estados Unidos.
2. *Epoxy Compunds*, 1993. Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. 4<sup>ta</sup> ed. Nueva York, Editorial G.D. Clayton & F. E. Clayton. 2 vols.
3. *Epoxy Resins and Curing Agents*, 1996. Association of Plastics Manufacturers in Europe.
4. Manuales de aplicación y hojas técnicas de productos DuPont®, Sika® y Loctite®.
5. *Safe Handling of Advanced Composite Materials, Suppliers of Advanced Composite Materials*, 1996.
6. *U.S. Occupational Safety and Health Administration Standard on Personal Protective Equipment*, 1996. Estados Unidos. 29 CFR 1910 subparte 1.

## XII. APÉNDICES

### APÉNDICE A: CUESTIONARIO DE EVALUACION DE PISOS

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

Dirección y teléfono: \_\_\_\_\_

Departamento y persona encargada de coordinar los trabajos del piso  
\_\_\_\_\_

¿Quién toma las decisiones en la empresa? ¿Quién decide? \_\_\_\_\_

Tiempo de funcionamiento en el actual domicilio \_\_\_\_\_

¿Qué productos fabrica o almacena? \_\_\_\_\_

El piso es de concreto                      Sí                       No

#### SI ES ASFÁLTICO O LOSETA VIDRIADA, NO ES POSIBLE APLICAR RECUBRIMIENTO EPÓXICO

##### A. LOSA

¿Cuánto tiempo tiene el piso existente?

Dimensiones de la losa                      Largo: \_\_\_\_\_                      Ancho: \_\_\_\_\_

¿Las losas presentan grietas?

Capilares                       Delgadas                       Gruesas

¿Cuántas? \_\_\_\_\_

¿Qué las originó?

Mal curado                       Paso de montacargas                       Asentamientos estructurales

Temblores                       Mala compactación

¿Qué ancho tienen las grietas? \_\_\_\_\_ mm

¿Existen juntas de control entre las losas? Explicar

¿Existen juntas de movimiento?

¿Han sido ya tratadas las juntas?                      Sí                       No

¿Con qué material?

¿Hace cuánto?

**B. CONCRETO Y VARILLA**

¿Qué tipo de concreto se empleó en el piso?

¿Qué factor de compresión tiene el concreto?

¿Fue concreto premezclado o hecho en el lugar manualmente?

¿Qué espesor tiene la losa?

¿Tiene el concreto alguna membrana de curado, algún tipo de aditivo o endurecedor superficial?

¿Cómo se hizo la compactación del terreno?

¿Que tipo de compactación tiene?

¿Las losas están armadas?      Sí                       No

    ¿Qué varilla se usó?

    ¿Qué tipo de armado tiene?

¿El piso esta nivelado?

¿El piso está pulido o tiene alguna textura?

**C. TRÁFICO**

¿Qué tipo de tráfico pasa sobre el piso?

    Peatonal                       Patines                       Montacargas

    Otro: \_\_\_\_\_

¿Tipo de llanta de los vehículos que transitan?

    ¿Con qué frecuencia transitan?

        Intenso       Medio       Escaso

¿Cuánto peso llevan los montacargas o patines y qué peso tienen los mismos?

**D. ATAQUE QUÍMICO**

¿Qué sustancias se manejan en la empresa?

    Ácidos                       Bases                       Solventes

    Otros: \_\_\_\_\_

¿Cuáles están en contacto con el piso?

¿El contacto que tienen con el piso es frecuente o aislado?

¿Existen derrames químicos, con qué frecuencia y qué sustancias son?

¿Cuál es la concentración de los productos químicos que están en contacto con el piso?

¿A qué temperatura se encuentran las sustancias cuando caen al piso?

¿El piso tiene pendientes que lleven a las sustancias químicas a una trinchera o fosa?

¿Existen encharcamientos de las sustancias que caen al piso?

¿Tienen implementado un proceso de recolección de sustancias químicas que están en el piso?

¿Existen losas contaminadas con aceite o algún otro tipo de sustancia química?

¿Al aumentar la temperatura emerge aceite a la superficie?

¿Desde cuándo?

#### **E. ATAQUE MECÁNICO**

¿Existen áreas que presenten hoyos, baches o algún tipo de deterioro en el piso ?

¿Qué los originó?

- |                                      |  |   |
|--------------------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> Impacto     | <input type="checkbox"/> Abrasión                      | <input type="checkbox"/> Ataque Químico |
| <input type="checkbox"/> Temperatura | <input type="checkbox"/> Mala resistencia del concreto |   |
| <input type="checkbox"/> Soldadura   | Otro: _____  |   |

¿Cuántos baches y hoyos existen por losa y qué dimensiones tienen?

¿Han sido alguna vez tratados los baches?      Sí       No

¿Hace cuánto?

¿Con qué material?

¿Existen zonas de alto impacto o abrasión excesiva?

#### **F. OBJETIVOS DEL CLIENTE**

¿Qué quiere el usuario o qué desea obtener al colocar un recubrimiento sobre el piso?

¿Qué tipo de acabado quiere ver en la superficie? Se recomienda mostrar fotos de obras con distintos acabados.

¿De interesarse en el piso cuándo esperaría llevar al cabo su instalación?

Antes del mes       Antes de 6 meses       Después de 6 meses

¿Tiene presupuesto asignado al trabajo?

## **G. CONDICIONES DE TRABAJO**

¿El área por realizar es interior y/o exterior?

¿La zona de trabajo está libre o existe sobre ella equipo y maquinaria?

¿Se pueden mover?

¿La zona de trabajo está funcionando actualmente?

¿De cuánto tiempo se dispone para ejecutar los trabajos? Especificar fecha y horario

¿La zona de trabajo ha sido alguna vez recubierta?

¿Con qué material y hace cuánto?

¿Tiene en las zonas de trabajo energía eléctrica?      Sí       No

¿De qué tipo?

¿Existe drenaje y tomas de agua en la zona?

## **I. ANOTACIONES O COMENTARIOS ADICIONALES**

## **J. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN**

## APÉNDICE B: GUÍA PARA EL SUPERVISOR DE TRABAJOS DE APLICACIÓN DE SISTEMAS EPÓXICOS

### PRELIMINARES

- Contar con plano de la zona donde se realizará la aplicación.
- Contar con autorización firmada (en la bitácora de la obra) por el encargado de mantenimiento para el inicio de los trabajos.
- Anotar fecha y hora de entrada del equipo de aplicadores al área de trabajo y hasta qué día y hora es válida dicha autorización
- Contar con maquinaria y transporte de la misma para que el equipo de aplicación esté listo desde el inicio de los trabajos.
- Delimitar el área de trabajo.

**EQUIPO DE APLICADORES.** Tomar tiempo suficiente para explicar a los aplicadores el tipo de trabajo que se realizará, haciendo énfasis en los procesos iniciales, los trabajos previos la nivelación de las losas de concreto, la limpieza mecánica y química, la importancia del secado de las losas y la aplicación del primario.

Se recomienda realizar aplicaciones de prueba previas al trabajo contratado, con el fin de comprobar rendimientos, mejorar acabados y entrenar al equipo de aplicadores.

Tomar tiempo de llegada de cada uno de los aplicadores.

Identificar y tomar nombres de trabajadores que ya estén familiarizados con las aplicaciones de los diferentes sistemas de pisos epóxicos.

### REVISIÓN DE UNIFORME DE LOS APLICADORES

NOMBRE	FUNCIÓN	UNIFORME COMPLETO (SÍ O NO)
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

**CONTROL DE HERRAMIENTAS.** Se recomienda llevar las herramientas divididas en cajas según sus usos: aplicación, preparación de superficie, consumibles, etcétera. Antes de llevar las cajas a la obra, se recomienda realizar un inventario de lo contenido en cada una de ellas.

Durante la ejecución de la obra deberá llevarse una hoja de control de la herramienta utilizada y al finalizar la misma volver a realizarse un inventario.

**REVISIÓN MAQUINARIA.** Es importante hacerlo días antes del inicio de la aplicación, para poder contar con tiempo para realizar reparaciones, servicios, alquileres o compras según sea el caso.

**SUPERVISIÓN MANO DE OBRA DE TRABAJOS PREVIOS.** Anotar nombres de los trabajadores y la función que desempeñarán dentro de los trabajos previos.

#### TRATAMIENTO DE GRIETAS

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

#### TRATAMIENTO DE BACHES Y PEQUEÑOS CRATERES

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

#### TRATAMIENTO DE JUNTAS

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

#### CORTE DE JUNTAS

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

## NIVELACIÓN DE LAS LOSAS

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

## LAVADO DE MANCHAS

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

## CONTEO DE PRODUCTOS PARA LOS TRABAJOS PREVIOS

## TRATAMIENTO DE GRIETAS

NO. DE UNIDADES	PRODUCTO
_____	Unidades de primario
_____	Unidades de mortero

## TRATAMIENTO DE BACHES Y PEQUEÑOS CRÁTERES

NO. DE UNIDADES	PRODUCTO
_____	Unidades de primario
_____	Unidades de mortero

## TRATAMIENTO DE JUNTAS

NO. DE UNIDADES	PRODUCTO
_____	Unidades de primario
_____	Unidades de mortero

## LAVADO DE MANCHAS

CANTIDAD	PRODUCTO
_____	Detergente en polvo
_____	

## MONITOREO DE LOS TRABAJOS PREVIOS

### TRATAMIENTO DE GRIETAS

AVANCE	TIEMPO EN HORAS
50%	_____
100%	_____
50%	_____
100%	_____

Estimación inicial en horas \_\_\_\_\_

### TRATAMIENTO DE JUNTAS

AVANCE	TIEMPO EN HORAS
50%	_____
100%	_____

Estimación inicial en horas \_\_\_\_\_

### CORTE DE JUNTAS

AVANCE	TIEMPO EN HORAS
50%	_____
100%	_____

Estimación inicial en horas \_\_\_\_\_

### NIVELACIÓN DE LOSAS

AVANCE	TIEMPO EN HORAS
50%	_____
100%	_____

Estimación inicial en horas \_\_\_\_\_

### LAVADO DE MANCHAS

AVANCE	TIEMPO EN HORAS
50%	_____
100%	_____

Estimación inicial en horas \_\_\_\_\_

## PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO

Anotar nombres de los trabajadores y función que realizarán dentro de la limpieza.

### LIMPIEZA MECÁNICA

NOMBRE	FUNCIÓN	TIEMPO EN HORAS
_____	Pulir pisos	_____
_____	Lavar Pisos con agua	_____
_____	Vigilar secado total al 100%	_____
_____		_____

### LIMPIEZA QUIMICA

NOMBRE	FUNCIÓN	TIEMPO EN HORAS
_____	Barrido de la superficie..	_____
_____	Mezclar 16 L de agua con 3 L de ácido muriático.	_____
_____	Barrer ácido de la superficie después de 5 minutos.	_____
_____	Lavar con 100 g de sosa diluidos en 10 L de agua.	_____
_____	Enjuagar con agua abundante.	_____
_____	Quitar manchas que persistan con detergente, cepillo de alambre o soplete.	_____
_____	Vigilar secado total al 100%.	_____

**APLICACIÓN DEL PRIMARIO EPÓXICO.** Explicar a los aplicadores del primario epóxico la manera de aplicar los productos, haciendo énfasis en la importancia de haber hecho una buena limpieza mecánica y química, dejando secar la superficie de concreto al 100%.

Debe supervisarse el cuidado de las mezclas del primario epóxico durante 5 minutos y su posterior aplicación inmediata con rodillo de felpa.

Para control del producto es necesaria la separación unidad por unidad del primario epóxico y contar las unidades necesarias tomando en cuenta el rendimiento del primario en metros cuadrados por litro.

No. de unidades

Parte A \_\_\_\_\_

Parte B \_\_\_\_\_

No. de m<sup>2</sup>

Anotar nombres de los aplicadores y funciones que desempeñan dentro de la aplicación.

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	Conteo de unidades de primario epóxico.	_____
_____	Mezclar unidad por unidad el primario epóxico.	_____
_____	Mezclar con pala durante 5 min	_____
_____	Verter y extender el primario epóxico en el concreto.	_____
_____	Aplicación inmediata del primario con rodillo de felpa.	_____
_____	Aplicar con brocha en áreas pequeñas	_____

**FRAGUADO DEL PRIMARIO.** Vigilar que no cruce nadie sobre la zona donde se aplicó el primario epóxico.

Nombre de quien vigila \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

**APLICACIÓN DEL ACABADO EPÓXICO.** Explicar a los aplicadores la manera de aplicar el acabado epóxico, haciendo énfasis en el cuidado que debe tener la aplicación de la mezcla del acabado epóxico durante 5 minutos y su posterior e inmediata aplicación con rodillos de felpa.

Separación unidad por unidad del acabado epóxico y contar las unidades necesarias tomando en cuenta el rendimiento del acabado en metros cuadrados por litro.

No. de unidades

Parte A \_\_\_\_\_

Parte B \_\_\_\_\_

No. de m<sup>2</sup>

Anotar nombres de los aplicadores y funciones que desempeñan dentro de la aplicación.

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	Conteo de unidades de acabado epóxico.	_____
_____	Mezclar unidad por unidad el acabado epóxico.	_____
_____	Mezclar durante 5 min.	_____
_____	Verter y extender el acabado epóxico en el concreto.	_____
_____	Aplicación inmediata del acabado con espátula o jalador según sea el caso	_____
_____	Aplicar con brocha en esquinas y áreas pequeñas	_____
_____	Distribución de material	_____
_____	Medidor de espesores	_____
_____	Rodillo de picos	_____

**FRAGUADO DEL ACABADO.** Vigilar durante 24 horas que no cruce nadie sobre la zona donde se aplicó el primario epóxico

Nombre de quien vigila \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

**APLICACIÓN DEL MORTERO EPÓXICO.** Explicar a los aplicadores la manera de aplicar el mortero haciendo énfasis en que el primario no haya fraguado por completo y el cuidado que debe tener la aplicación de la mezcla del mortero epóxico durante 5 minutos y su posterior e inmediata aplicación con jalador

Separación unidad por unidad del mortero epóxico y contar las unidades necesarias tomando en cuenta el rendimiento del mortero epóxico de metros cuadrados por litro.

	No. unidades
Parte A	_____
Parte B	_____
No. m <sup>2</sup>	_____

NOMBRE	FUNCIÓN	EVALUACIÓN
_____	Conteo de unidades del mortero epóxico.	_____
_____	Mezclar unidad por unidad la resina A con el endurecedor B con pala durante 5 minutos.	_____
_____	Mezclar con un taladro o rotomartillo la carga C a la mezcla de A y B durante 5 min.	_____
_____	Verter y extender el mortero epóxico sobre el piso.	_____
_____	Aplicación inmediata del mortero epóxico con lana lisa, compactándolo, extendiéndolo y repartiéndolo en todas direcciones, dejándolo a nivel y sin bordes.	_____
_____	Llanear por segunda vez, eliminando detalles como, huecos donde falte material y nivelando bordes.	_____

**FRAGUADO DEL MORTERO EPÓXICO.** Vigilar durante 24 horas que no cruce nadie sobre la zona donde se aplicó el mortero epóxico.

Nombre de quien vigila \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

**LIMPIAR Y RECOGER MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA ZONA DE APLICACIÓN.**

Cada trabajador que participe en la aplicación tiene la obligación de cuidar y limpiar sus herramientas de trabajo y la maquinaria que haya utilizado, al igual que dejar bien limpias las áreas que hayan ocupado durante la aplicación.