

## Conceptos para Pavimentos conductivos y disipativos con Tecnología Sikafloor®

### ¿Qué es la conductividad y cómo trabaja?

La formación de cargas estáticas en los productos poliméricos es un fenómeno siempre presente y con el que estamos bastante familiarizados en nuestra vida diaria.

*Conductividad* es el término que se refiere a la capacidad de un material para conducir una corriente eléctrica o "morir a tierra". En términos no técnicos, esto puede ser descrito como la capacidad de un material para llevar o "conducir" una corriente eléctrica.

La conductividad eléctrica o la conductancia específica para un pavimento formado por varios materiales es también una medida de la capacidad del material de conducir una corriente eléctrica.

Una corriente eléctrica es una medida cuantitativa de la cantidad de partículas cargadas que pasan a través de un medio. Para que se cree una corriente eléctrica, es necesario que haya una señal eléctrica con diferencia de potencial entre dos puntos en un medio conductor con una fuente de energía para accionar la carga.

La *Resistencia eléctrica* de un material es una medida de su resistencia al flujo de una corriente eléctrica. Un ohmímetro es un dispositivo que se utiliza para medir esta conductividad o resistencia eléctrica. La conductividad o resistencia eléctrica de un sistema de pavimentos se mide por lo tanto también con un ohmímetro.

Un ohmímetro mide la cantidad de fricción eléctrica generada por las partículas cargadas que pasan a través de un conductor eléctrico, como por ejemplo, **Sikafloor®-262 N**. Este valor se expresa en unidades "ohmio", y se rige por la "Ley de Ohm". Esto indica que "la corriente que pasa a través de un circuito eléctrico es directamente proporcional a la cantidad de voltaje que se utiliza para crear el flujo y que es inversamente proporcional a la resistencia cuando la temperatura es constante".

Puede expresarse de tres formas:

a)  $V = I \times R$

b)  $I = V / R$

c)  $R = V / I$

Donde:

V = voltaje en voltios (V),

I = corriente en amperios (A),

R = resistencia en ohmios ( $\Omega$ )

como alternativa se puede utilizar:

V = tensión en voltios (V)

I = corriente en miliamperios (mA)

R = resistencia en kiloohmios (kW)

Para la mayoría de los circuitos eléctricos el Amperio es demasiado grande y el Ohmio es demasiado pequeño, por lo que es habitual medir la corriente en miliamperios (mA) y por lo tanto, obtener la resistencia en kiloohmios (kW).

1 mA = 0,001 A y 1 kW = 1,000  $\Omega$

Estas ecuaciones de la ley de Ohm funcionan si se utilizan V, A y  $\Omega$  y también si utilizan V, mA y kW, pero no se pueden mezclar estos conjuntos de unidades en la misma ecuación.

Esto es un proceso muy rápido que pasa cuando dos objetos con potenciales eléctricos diferentes entran en contacto directo el uno con el otro. Cuando hay una conexión (sea por fricción o por contacto) entre dos materiales que no están cargados eléctricamente y tienen diferentes constantes dieléctricas, los electrones migran de un material a otro. El desplazamiento de las cargas resultantes se mantiene cuando los dos materiales se separan rápidamente y pueden llevar a la formación de altos potenciales electrostáticos.

Pero ¿que pasa realmente?; los materiales que no son eléctricamente conductivos (lo cual incluye todos los polímeros) se convierten en electrostáticamente cargados por contacto o por fricción con otros cuerpos conductivos, por ejemplo, uno de los cuerpos toma una carga eléctrica positiva y el otro una carga igualmente alta con polaridad negativa.

Muchos de nosotros recordamos este fenómeno desde nuestros días de la escuela cuando cargábamos bolígrafos con la carcasa de plástico frotándolo con lana o algo similar. La fricción entre prendas de vestir o entre suelas de zapatos y pavimentos a base de polímeros puede provocar la aparición de cargas estáticas. Si esto pasa cuando los gases secos (por lo tanto no conductivos) fluyen sobre las superficies no conductivas, la aparición de cargas es visible en la superficie del mobiliario y las salidas de ventilación que atraen el polvo.

#### **Efectos sobre las personas:**

Todos hemos experimentado el chisporroteo cuando separamos dos prendas que contengan fibras sintéticas e incluso fibras naturales, cuando nos quitamos un jersey. Si esto pasa en la oscuridad, podemos ver este fenómeno incluso más claramente al ver las chispas que forman. Algunos días recibimos descargas cuando tocamos las manecillas de las puertas, coches y partes metálicas similares, generalmente si llevamos zapatos con suelas sintéticas y la humedad es baja. La bien conocida electricidad entre personas, cuando „saltan chispas“ es realmente electricidad estática y puede ser estimada o incluso medida en voltios.

La electricidad estática en las suelas de los zapatos y de la ropa se transmite a las personas que los llevan. Si una persona está cargada estáticamente y toca otro cuerpo conductivo se produce una igualación espontánea de las cargas. Su intensidad se incrementa proporcionalmente con la diferencia de potencial entre las personas y el objeto. La diferencia de potencial puede ser tan grande que se puede producir una chispa justo antes del contacto. En general descargas por encima de 2 a 3 KV se pueden apreciar claramente. Con una diferencia de potencial baja, la descarga se nota. Voltajes de 15 KV y superiores se han llegado a medir con pavimentos que no son antiestáticos. Opiniones científicas actuales no consideran que estos voltajes puedan ser dañinos para la salud, pero existe la posibilidad de sufrir un calambre que lleve a un accidente. La electricidad estática no presenta un peligro contra la seguridad en las áreas de trabajo habituales.

#### **Efectos en la industria**

Esta increíblemente rápida transferencia de cargas de lo que había sido previamente un estático (sin movimiento) puede provocar incendios, explosiones, crear calor, luz e incluso sonidos. Pueden interferir en el funcionamiento de ordenadores, sistemas de comunicación y otros equipos electrónicos tales como maquinaria de calibrado y pesajes.

Es este potencial „micro rayo“ o chispa invisible, imperceptible y sin advertencia es la que debe ser prevenida o controlada en industrias susceptibles.

El límite del voltaje por encima del cual pueden producirse interferencias depende del tipo de protección del equipo. Para muchos componentes electrónicos puede estar bastante por debajo del límite de sensibilidad humana. Generalmente se acepta que los equipos informáticos deben estar protegidos contra cargas estáticas de 5 KV como mínimo. Para áreas con baja protección contra la electricidad estática, la protección del equipo deben ser al menos de 15 KV. Los ordenadores y microprocesadores pueden resultar dañados durante su fabricación o manejo por cargas o descargas estáticas.

## **¿Cómo funciona un pavimento conductivo?**

#### **¿Qué es un pavimento ESD y un pavimento ECF?**

- **Sikafloor® ESD** (Electro Static Discharge), pavimento disipativo
- **Sikafloor® ECF** (Electrically Conductive Flooring), pavimento conductivo

Los pavimentos conductivos y disipativos se clasifican de acuerdo a su resistencia a tierra.

#### **Suelos conductivos**

Con unas pequeñas excepciones, los polímeros son aislantes y, por lo tanto, no conducen la electricidad. Esto ocurre con las resinas sintéticas utilizadas en construcción. Cualquiera que sea el espesor de capa del pavimento su resistencia a tierra estará siempre por encima de  $10^{10}$  a  $10^{13} \Omega$ , esto significa que siempre hay que añadir agregados conductivos en la formulación de estos materiales.

## Agregados conductivos

Las opciones más comunes son los productos a base de carbono de grafito y carbón negro, también se suelen utilizar virutas de aluminio, pero con mucha menor frecuencia. La naturaleza aislante de la matriz de resina obliga a que las partículas de relleno conductivo estén muy próximas unas a otras, quedando muy poca capa de ligante entre ellas y permitiendo de esta forma el paso de las cargas a través de estas partículas de relleno y haciendo así una capa conductiva en su conjunto.

La consecuencia de esto es que hay una mínima proporción de material conductivo que hay que añadir al producto resinoso. La cifra real depende de la granulometría del relleno que se vaya a añadir. La cantidad de grafito (plano) o carbón negro (esférico) necesario es del 20 al 50% del contenido sólido.

Como ambos tipos de relleno son oscuros y negros, no se pueden obtener colores claros en el producto final. Nos se pueden hacer tampoco productos formulados con carbón negro y sin disolventes porque la gran área específica de estas partículas tiene un efecto espesante y hace de su aplicación algo muy difícil.

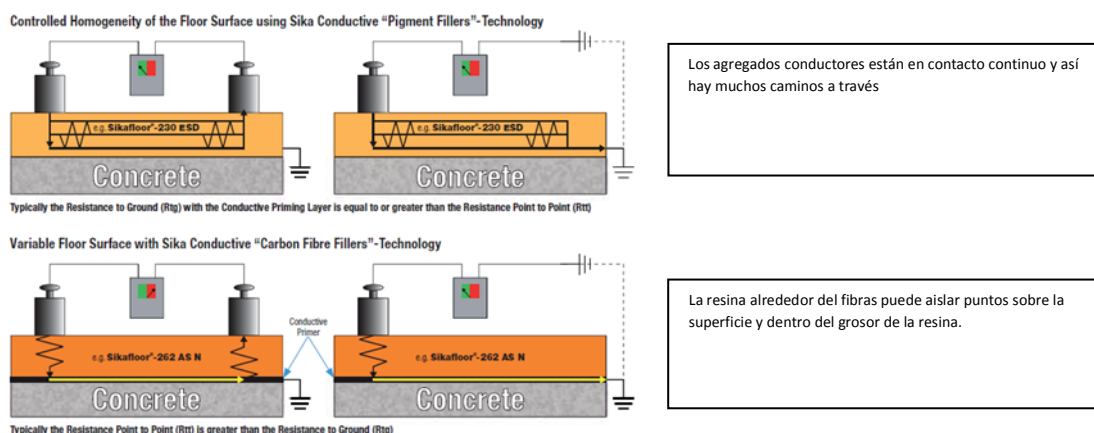
Por el contrario el grafito con su forma aplanada tiene una gran tendencia a sedimentar, esto afecta a la uniformidad el producto porque la capa de grafito tiende a separarse y agruparse entre ellas. Se pone también en riesgo la conductividad dentro de la capa por separación del sólido por un lado y el ligante por el otro especialmente si nos excedemos en el espesor.

Se consideran estas limitaciones específicas del sistema, aunque el grafito y el carbón negro son los agregados que han resultado ser más fiables. Un método más moderno es el uso de agregados a base de fibras conductivas. Desde un punto de vista geométrico es fácil entender que este sistema da un menor porcentaje de "caminos conductores" comparado con los copos o las esferas. Se añade un tipo especial de fibra de carbono en una cantidad de un 10% menos que el grafito. La ventaja es que se pueden conseguir colores más claros y las propiedades mecánicas no se ven afectadas. El bajo porcentaje de fibra de carbono que es necesario hace que se varíen poco el resto de las propiedades del producto (por ejemplo resistencias químicas, etc.)

Para obtener capas con más espesor (y que también puedan admitir mayores cargas mecánicas) se debe usar un agregado duro y conductivo con una adecuada granulometría. Pero debido a la forma de estas partículas (puntiagudas con poca área superficial), se requieren altos porcentajes. La densidad del material impide que se pueda añadir durante la fabricación y por tanto tiene que añadirse en obra aplicando la capa final posteriormente.

Se suelen utilizar muchas adicciones, como el aluminio y otros metales en forma de capas, o por precio o por razones funcionales.

Con todos los agregados conductivos convencionales, el espesor de la capa de terminación es limitado. La razón es la separación de estas partículas dentro de la capa inmediatamente después de la aplicación, mientras todavía está en estado líquido. Pueden sedimentarse en el fondo (grafito o rellenos pesados), o flotar hacia la superficie (productos con fibra de carbono). Por lo tanto, los espesores de capa aplicados son críticos de acuerdo con el tipo y formación.



Estos gráficos muestran los efectos de la Conductividad Multidireccional y la Conductividad Unidireccional obtenida con diferentes tipos de agregados.

## Capas conductivas y disipativas

La principal función de una capa conductiva de resina es impedir la formación de cargas estáticas, mediante su disipación a tierra. En la práctica un anillo de toma a tierra rodea el suelo y se conecta al pavimento conductivo. El diseño e instalación del sistema de toma a tierra y del anillo debería ser responsabilidad de un ingeniero eléctrico.

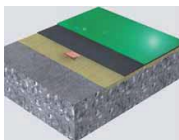
Los pavimentos conductivos pueden ser diseñados de dos formas:

- En la primera, el recubrimiento conductivo asegura que cualquier carga es conducida a tierra a través de cualquier distancia. Debido a que la resistencia de un conductor es proporcional a su longitud, los niveles de resistencia a tierra varían de acuerdo a; si son medidos cerca o lejos de las conexiones a tierra.
- En la segunda se evita lo anterior, diseñando el recubrimiento de tal forma que su conductividad es únicamente suficiente para conducir las cargas eléctricas hacia abajo a través de la propia capa (por ejemplo entre 0,5 y 5mm de acuerdo al tipo de estructura). Aquí, la corriente es absorbida por una capa con mucha menor resistencia y es rápidamente descargada a lo largo de ella hasta los puntos de conexión a tierra. Debido a que la resistencia de la capa de recubrimiento y de la capa conductiva difieren en una potencia de al menos 10, la menor conductividad de la capa superior domina el sistema entero, con el resultado de que cualquier punto del suelo tiene la misma resistencia a tierra. Sika prefiere este método por creerlo más seguro para las personas, creencia compartida por muchos expertos en el tema.

Sika ofrece sistemas de pavimentos (ECF y ESD) formados por dos capas, la superior con una conductividad más baja y la inferior, en la que se confía para la descarga de la electricidad a tierra, con una muy elevada conductividad.

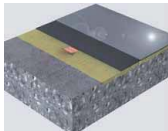
Es muy importante aplicar los sistemas conductivos y disipativos sobre superficies perfectamente niveladas. Esto es debido a que las capas conductivas pueden garantizar su perfecto funcionamiento si tienen un espesor específico y bien definido. Por lo tanto el soporte debe ser previamente nivelado perfectamente antes de aplicar cualquier tratamiento conductivo.

### SISTEMA CONDUCTIVO SIKA ECF



Mortero de nivelación	Sikafloor® -81 EpoCem®
Imprimación	Sikafloor® -156/161
Película conductiva	Sikafloor® -220 W Conductive, resina epoxi de dos componentes negra
Terminación conductiva	Sikafloor® -262 AS N, resina epoxi de dos componentes autonivelante, sin solventes, en espesores de 1.5 – 1.8mm.

### SISTEMA DISIPATIVO SIKA ESD



Mortero de nivelación	Sikafloor® -81 EpoCem®
Imprimación	Sikafloor® -156/161
Película conductiva	Sikafloor® -220 W Conductive, resina epoxi de dos componentes negra
Terminación conductiva	Sikafloor® -235 ESD, resina epoxi de dos componentes autonivelante, sin solventes, en espesores de 1.5 – 1.8mm.

\*Existen multitud de Sistemas de pavimentos Sikafloor ESD y Sikafloor ECF dependiendo de las necesidades de cada obra.

- **Material de pavimento conductivo (ECF)**  
(p.ej. de acuerdo a ASTM F150)  
Un material de pavimento que tenga una resistencia entre  $2,5 \times 10^4$  y  $1.0 \times 10^6$  ohmios.
- **Material de pavimento disipativo (ESD)**  
(p.ej. de acuerdo con ASTM F150)  
Un material de pavimento que tenga resistencia entre  $1.0 \times 10^6$  y  $1.0 \times 10^9$  ohmios.

### Normativa vigente

Hay más de 20 Normas diferentes que tratan sobre las Descargas Electroestáticas (ESD). Sika proporciona soluciones globales específicas para las exigencias particulares de los mercados en Europa, Norteamérica y Asia Pacífico. Las Normas el más extensamente utilizadas son:



- **IEC 61340**  
Estas Normas describen la protección a Descargas Electroestáticas para dispositivos Sensibles (ESDS) de fenómenos electrostáticos. Las exigencias (ESD de Área Protegida) están detalladas y descritas, desde el pavimento hasta la ropa de trabajo más conveniente.
- **TRBS 2153**  
Esta normativa alemana se aplica a la evaluación y la prevención de ignición debido a la electricidad estática en áreas designadas peligrosas, y para la selección y la puesta en práctica de medidas protectoras para evitar estos peligros.
- **DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41)**  
La Parte 4-41 de IEC 60364 trata de la protección contra el choque eléctrico aplicado a instalaciones eléctricas. Está basado en IEC 61140 que es la normativa básica de seguridad que se aplica a la protección de personas y ganadería.
- **DIN EN 1081**  
Esta Norma describe la determinación de la resistencia eléctrica de pavimentos resilientes. La resistencia eléctrica se mide usando un Trípode de electrodo.
- **ANSI/ESD la S 20.20**  
Esta Norma cubre las exigencias necesarias para diseñar, establecer y mantener un programa de control de Descarga Electroestática (ESD) para actividades donde fabrican, tratan, montan, instalan, embalan, etiquetan, atienden, prueban, inspeccionan o de otra manera manejan o ensamblan componentes eléctricos o electrónicos o equipos susceptibles de ser dañados por descargas electrostáticas mayores o iguales que el Modelo de Cuerpo humano de 100 voltios (HBM). Esta Norma también está armonizada con el IEC 61340-5-1.
- **ASTM la F 150**  
Esta Norma es un método de prueba que cubre la determinación de conductividad eléctrica o resistencia del pavimento, en baldosas o revestimientos continuos en rollo, para usos como hospitales, espacios con ordenadores, salas limpias, plantas de municiones, o cualquier otro entorno que concierne la electricidad estática generada por el personal.
- **SJ/T 11294-2003**  
Esta Norma china es la norma de especificación standard para capas de pavimentos con protección electrostática.

El parámetro crítico casi siempre es la resistencia superficial indirecta a tierra ( $R_E$ ) o la resistividad volumétrica ( $R_D$ ). A pesar de que hay pequeñas diferencias entre las distintas normativas, se coloca siempre sobre el pavimento un electrodo con un área específica para probarlo y medir su resistencia a tierra.

El valor medido se obtiene sin referirlo a su situación en la superficie.

La siguiente normativa es de aplicación práctica:

- a) DIN 51953, ensayos de pavimentos de origen orgánico. Ensayo de conductividad de cargas electrostáticas para pavimentos en áreas con peligro de explosión. Esto es simplemente un ensayo estándar en el cual el procedimiento se describe en detalle (por ejemplo: 100V de voltaje de medida, 20cm<sup>2</sup> de área de electrodo, 10N de presión). El procedimiento descrito en DIN 51953 es aplicable "in situ" y se usa para comprobar los recubrimientos de terminación.
- b) DIN 53482 describe una serie de métodos de medida, pero estos se ajustan más a ensayos de laboratorio.
- c) FTZA 91 TY1, "Especificación técnica para recubrimiento de suelos en áreas con equipos de telecomunicaciones" editado por el Servicio Alemán postal y de telecomunicaciones.
- d) SN 429001 (Norma Suiza) aplicable en áreas con equipamiento electrónico etc. Que podrían ser dañadas por las cargas electrostáticas. El ensayo descrito es muy similar al DIN 51953, se coloca un anillo de goma entre el pavimento y el electrodo.
- e) Oficina Postal Suiza (PTT) Instrucción Técnica N° 56 / 82. Los requerimientos son como los de la Norma Suiza 429001; se describe un aparato especial de medida.
- f) Normas Británicas BS5958: Código Práctico para el control de la electricidad estática indeseable. Da recomendaciones para situaciones particulares y hace referencia a normativa de ensayos similares.

Julia Gómez Díaz  
Ing. de Pavimentos Sika  
Dpto. Técnico