

# La electricidad estática y sus consecuencias

JOSE LUIS MIRON  
Departamento Técnico-Comercial,  
TECNASA.



## SUMARIO

*El autor a lo largo de su artículo desarrolla los conceptos básicos de la electricidad estática, enumera los daños y perjuicios que causan sus efectos en las industrias y describe los procedimientos que deben utilizarse para combatirla.*

*También hace referencia a la supresión de las cargas estáticas en los puestos de trabajo y define las condiciones que deben reunir éstos para que se consideren puestos de trabajo protegidos. Por último, cita los puntos básicos necesarios para poder establecer en las empresas un programa efectivo de control electrostático.*

**Palabras clave:** Cargas estáticas, control electrostático, polarización, campos electromagnéticos.

## EL CONTROL ELECTROSTATICO

La estática disminuye la productividad de la industria día a día y eleva sus costes.

La electricidad estática es la causa de pérdidas en tiempo, material y dinero en muchos campos de la industria.

Sus indeseables efectos aparecen durante determinados procesos de fabricación en las industrias electrónicas, gráficas, papeleras, textil y farmacéutica.

Con frecuencia, las cargas electrostáticas son tan importantes como pa-

ra que este tipo de materiales, en los procesos de bobinado y desbobinado, atraiga el polvo y la suciedad.

La electricidad estática causa daños materiales en diversas partes de su equipo: ensucia los rodillos y los impide trabajar adecuadamente, hace disminuir la velocidad de los trabajos con láminas, produce shocks eléctricos en el personal y en algunos casos ha sido responsable de incendios y explosiones.

En la industria electrónica, la ESD produce daños inmediatos en los CI, por sí misma o por depósito de polvo, y en otros casos, daños incalculables

al inducir averías que son detectadas después de la entrega de los equipos.

## LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA: SUS CAUSAS

Iniciaremos esta exposición con las preguntas y respuestas básicas sobre las causas de la electricidad estática, así como una guía introduc-

*La electricidad estática es la principal causa de las pérdidas en tiempo, material y dinero en muchos campos de las industrias electrónicas, artes gráficas, químicas, etc.*

toria de los términos que utilizaremos en el presente artículo, para aquellas personas que no estén familiarizadas con el tema a tratar.

Términos más utilizados en electricidad estática:

- ESD (Descarga Electroestática).
- ESC (Programa Control Electroestático).
- EDP (Prevención de Depósito de Partículas).
- C.C.P. (Corriente Continua Pulsante).
- EMI (Inducción Electromagnética).
- DOD (Departamento de Defensa USA).

## ¿QUE ES LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA?

La electricidad estática es una carga estacionaria. Los materiales no conductores y los conductores no derivados a tierra tienen la capacidad de absorber y retener una carga o potencial eléctrico estacionario. Algunos materiales comunes adquieren una carga de varios miles de voltios durante la manipulación normal.

## ¿COMO SE CARGAN LOS MATERIALES?

Los materiales adquieren su carga de dos formas básicas, aunque los métodos para realizarlo son muy distintos:

1. El contacto y la separación de dos superficies provoca un intercambio de electrones de una a otra superficie, con lo que una de ellas queda cargada positivamente, y negativamente, la otra. Este es el denominado «Efecto triboeléctrico».

2. Todo material cargado está rodeado de un campo electromagnético. Un material conductor, puesto a tierra, bajo la influencia de este campo, puede adquirir una carga. Es el fenómeno llamado «Polarización».

## ¿CUAL ES EL FENOMENO QUE HACE QUE UN MATERIAL SE CARGUE?

Uno de los dos métodos citados hará que el material tenga un exceso o defecto de electrones. El resultado es que el material se encuentra eléctricamente desequilibrado, por lo que tiene una carga positiva (falta de electrones) o bien negativa (exceso de electrones).

## SI LA CARGA ES ESTACIONARIA, ¿COMO PUEDE AFECTAR A UN DISPOSITIVO ELECTRONICO O A OTROS MATERIALES?

Aunque la carga sea estacionaria puede afectar a los objetos de las siguientes maneras:

1. Si se acerca, o se pone en contacto, un material cargado con otro que tenga la posibilidad de aceptar o ceder electrones se producirá un flujo instantáneo de éstos. Este flujo se denomina descarga y adopta, por lo general, la forma de una chispa.

2. Un material u objeto cargado tiene a su alrededor un campo electromagnético estacionario que lo envuelve. Un conductor que se desplace a través de este campo, o un campo que se desplace a través de un conductor, induce el flujo de una corriente eléctrica a través del conductor. Es lo que denominamos «Inducción electromagnética».

3. Como se ha dicho antes, un material conductor puede resultar polarizado en presencia de un campo electromagnético. Una vez polarizado es sometido a daños por descarga.

4. Cuando se descarga un material u objeto cargado próximo, la chispa resultante emite un campo electromagnético que se desplace y que puede causar daños irreversibles. Es lo que se denomina «Tensión RF».

*La eliminación de la carga electroestática de un material u objeto aislante se realiza mediante su neutralización con iones; la solución es un ionizador de aire bipolar que suministra un flujo constante ionizado con iones positivos y negativos.*

## ¿CUALES SON LOS TIPOS DE DAÑOS QUE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA PROVOCA EN UN DISPOSITIVO ELECTRONICO?

Aunque los tipos de daños causados por la electricidad estática son muchos y muy diversos, se pueden agrupar en tres categorías:

### Destrucción

Las altas tensiones y el flujo de corriente instantáneo producen la fusión de los óxidos metálicos y otros componentes.

### Degradación de la vida útil

Un flujo de corriente imprevisto que no sea lo suficientemente fuerte para destruir puede dar lugar a fallos precoces del dispositivo. Una parte del área que se ha dado en llamar «mortandad infantil» puede muy bien no ser otra cosa que el daño producido por ESD.

### Funcionamiento impreciso

Las corrientes transitorias inducidas y la polarización pueden afectar a los parámetros de régimen de un dispositivo haciendo que funcione en una secuencia imprevista, o que no lo haga dentro de las tolerancias del proyecto.

La fuerza de la carga estática, o de su campo electromagnético asociado, determina a cuál de las categorías citadas será sensible un dispositivo.

## ¿A QUE TIPO DE COMPONENTES ELECTRICOS AFECTA LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA?

La Tabla I, tomada del *Manual DOD 263*, relaciona los componentes sensibles.

## ¿CUALES SON LAS FUENTES DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA?

Las fuentes de la electricidad estática se pueden dividir en tres grupos principales:

1. Entornos.
2. Personas.
3. Materiales.

En la Tabla II se relacionan los subelementos de estos tres grupos.

**TABLA I**

**MODELO DOD 263. 2 de mayo de 1980. Clasificación de componentes en función de su sensibilidad a las ESO**

**CLASE 1: GAMA DE SENSIBILIDAD DE 0 A 1.000 VOLTIOS**

Dispositivos semiconductores de óxido metálico (MOS), incluyendo C, D, N, P, V y otra tecnología MOS sin circuitería protectora o con circuitería protectora que tenga sensibilidad de la clase 1.

Dispositivos de onda acústica superficial (SAW).

Amplificadores operativos (OP AMP) con condensadores MOS sin protección.

Transistores de efecto de campo de unión (JFET) (Ref.: Similitud con la MIL-STD-701).

Rectificadoras controlados de silicio (SCR) con IO 0,175 amperios a 100 grados Celsius (C) de temperatura ambiente (Ref.: Similitud con la MIL-STD-701. Tiristores (rectificadores controlados de silicio).

Microcircuitos reguladores de tensión de precisión; Regulación de la tensión de línea o carga de 0,5 por ciento.

Semiconductores y microcircuitos de microondas y de frecuencia ultra alta; Frecuencia 1 gigahertzio.

Resistencia de película delgada (tipo RN) con tolerancia del 0,1 por ciento; potencia 0,05 vatios.

Resistencia de película delgada (tipo RM) con tolerancia del 0,1 por ciento; potencia 0,05 vatios.

Microcircuitos integrados a gran escala (LSI) incluyendo microprocesadores y memorias sin circuitería protectora o con circuitería protectora que tenga sensibilidad clase 1.

Híbridos que utilizan piezas de Clase 1.

Note: Los dispositivos LSI tienen, por lo general, dos o tres capas de circuitería con cruces de conductores de metalización y elementos activos de pequeña geometría.

**CLASE 2: GAMA DE SENSIBILIDAD DE 1.000 A 4.000 VOLTIOS**

Dispositivos MOS o dispositivos que incluyan partes constituyentes de MOS, incluyendo C, N, P, V u otra tecnología MOS con circuitería protectora que tenga sensibilidad de la clase 2.

Diodos Schottky (Ref.: Similitud con la MIL-STD-701; Diodos con conmutación a silicio (relacionados en orden de 1r creciente).

Redes de resistencias de precisión (tipo RZ)

Microcircuitos de lógica acoplada de emisor de alta velocidad (ECL) con demora de propagación de 1 nanosegundo

Microcircuitos de lógica transistor-transistor (TTL) (Schottky, baja potencia, alta velocidad y estándar).

Amplificadores operativos (OP AMP) con condensadores MOS con circuitería protectora que tenga sensibilidad de la clase 2

LSI con protección de entrada que tenga sensibilidad de la clase 2.

Híbridos que utilizan piezas de Clase 1.

**TABLA II**

**Fuentes de electricidad estática**

**ENTORNO**

- Suelos.
- Superficies de trabajo.
- Equipos de sala blanca:
  - a) paredes
  - b) techos
  - c) aparatos de luz
  - d) rejillas de ventilación.

**PERSONAS**

- Cuerpo
- Ropa.
- Documentos.

**MATERIALES**

- Materias primas.
- Herramientas
- Materiales de embalaje.

dará estáticamente cargada. Si toca algún objeto conductor (el pomo de una puerta, por ejemplo) disipará instantáneamente la carga, creando una chispa. La fricción entre dos superficies expondrá un área superficial más amplia y la energía adicional hará que se produzca un amplio intercambio de electrones, dando lugar a una carga más elevada. El efecto aumentará si la fricción es rápida. La intensidad de la carga está, además, directamente influenciada por la humedad relativa: cuanto más baja sea ésta, más alta será la carga.

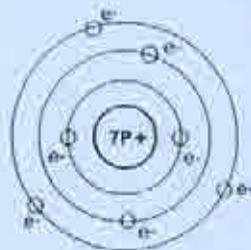
**EL EFECTO TRIBOELECTRICO**

Cuando los materiales entran en contacto entre sí para separarse luego, desarrollarán una carga estática. Los electrones exteriores de los materiales interactúan mutuamente mientras están en contacto. Al separarse, uno de los materiales arrancará parte de los electrones del otro, con lo que adoptará una carga negativa, mientras deja al otro con una carga positiva.

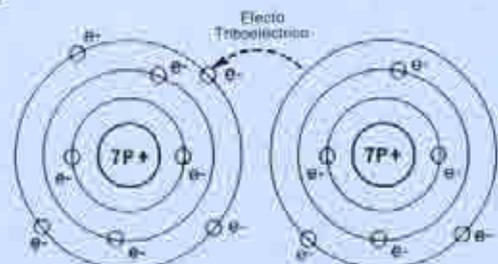
Con la ayuda del modelo de átomo de la Ilustración (Tabla III, b) podemos ver que si un material tiene deficiencia de electrones, el número excesivo de protones hará que esté cargado positivamente. Lo opuesto es aplicable cuando el material tiene abundancia de electrones. Por ejemplo, una persona que camine sobre una alfombra o bien recogerá electrones o los perderá, con lo que que-

**TABLA III**

**El efecto triboeléctrico**



**A. Atomo Equilibrado.**  
7 Protones, 7 Electrones



**B. Atomo cargado negativamente.**  
Exceso de Electrones:  
7 Protones, 8 Electrones

**Atomo cargado positivamente.**  
Falta de Electrones:  
7 Protones, 6 Electrones

En teoría, dos materiales cualesquiera se pueden cargar triboeléctricamente. Un material conductor permite que los electrones fluyan en su interior, con lo que mantiene un equilibrio eléctrico. Los distintos materiales tienen capacidades diversas para el intercambio de electrones, lo que se demuestra en la serie triboeléctrica (Tabla IV).

**TABLA IV**

**Serie triboeléctrica**

Positivo +	Neutro =	Negativo -
Aire	Algodón	
Amianto	Acero	
Piel	Madera	
de conejo	Ambar	
Vidrio	Lacre	
Mica	Gomá dura	
Cabello humano	Níquel, cobre	
Nylon	Latón, plata	
Lana	Oro; Platino	
Piel	Azufre	
Plomo	Rayón de acetato	
Seda	Poliéster	
Aluminio	Celulósida	
Papel	Orión	
	Sarán	
	Poliuretano	
	Poliétileno	
	Polipropileno	
	PVC (Vinilo)	
	Kell	
	Silicio	
	Tallón	
	<b>Negativo -</b>	

En esta serie presentamos al algodón como neutro, ya que lo mismo puede tomar que perder electrones. Los materiales situados a la izquierda del algodón tienen tendencia a perder electrones, resultando positivamente cargados, mientras que la tendencia de los situados por debajo es a absorber electrones, con lo que se convierten en negativamente cargados.

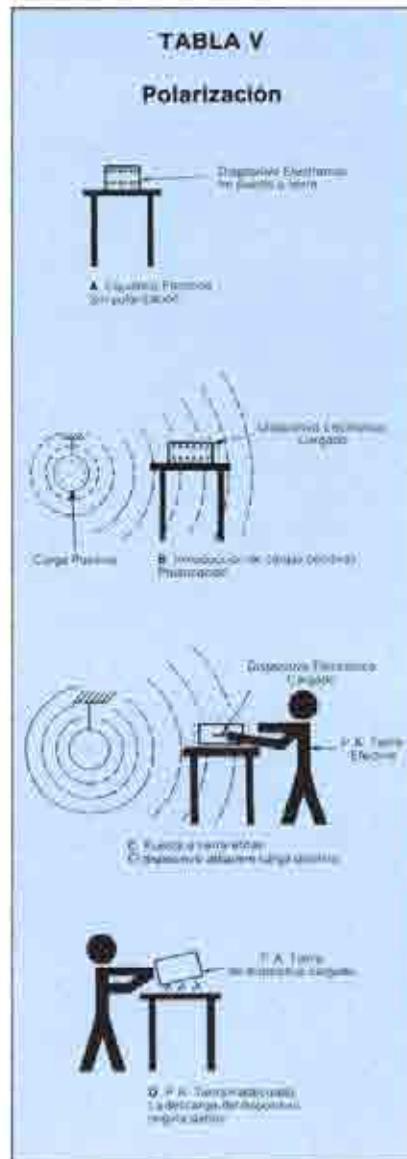
Algunos materiales pueden alcanzar cargas de 20.000 voltios o más. La cantidad de carga almacenada es un factor crítico. Cuanto más elevada sea la carga, mayores serán su potencial y el flujo de corriente resultante cuando se descargue el material. Esta situación se puede comparar con la carga de una batería de acumuladores. A mayor acumulación de carga, más energía disponible.

Cuando se acerca, o se pone en contacto, un objeto cargado con un conductor (dispositivo electrónico), la diferencia de potencial busca inmediatamente su propio equilibrio.

Si existe una abundancia de electrones, éstos influirán al conductor (tierra). Si lo que hay es una deficiencia de electrones, éstos fluirán desde el conductor hacia el objeto cargado. Resulta evidente que si se descarga un objeto cargado a un dispositivo electrónico, lo probable es que se produzca una avería catastrófica. Por tanto, un dispositivo electrónico no resulta dañado realmente por la electricidad estática, sino sólo cuando la electricidad se convierte en electricidad dinámica y se liberan las elevadas tensiones potenciales almacenadas. Estas tensiones suelen ser muy superiores a los parámetros de proyecto de los circuitos electrónicos. Sin embargo, mientras que la descarga directa es el peor de los métodos causantes del daño, hay otras formas en que se puede producir la avería sin que haya contacto.

**TABLA V**

**Polarización**



**POLARIZACION**

Un conductor expuesto a un campo electromagnético redistribuirá aquellos electrones de su capa exterior atraídos por el núcleo por una fuerza menor (Tabla V, B). Si se carga positivamente el objeto que emite el campo, los electrones derivarán hacia el área más próxima al objeto, con lo que dejará al extremo opuesto con deficiencia de electrones (cargado positivamente). Si, entonces, el área negativamente cargada del conductor entrara en contacto con la tierra (Tabla V, C), el exceso de electrones derivaría a tierra, con lo que el conductor quedaría positivamente cargado. La derivación a tierra del conductor positivamente cargado tendría como consecuencia el flujo instantáneo de electrones de vuelta al conductor, con lo que se generarían temperaturas elevadas y la casi segura destrucción del conductor, si éste fuera un dispositivo electrónico (Tabla V, D).

Cuando se expone a un campo electromagnético un dispositivo electrónico que contiene semiconductores, se produce de nuevo la polarización, desviando los electrones hacia el área más positiva del campo. A través del semiconductor puede existir una diferencia de potencial, y si la diferencia es lo bastante grande, se producirá la rotura dieléctrica. En determinadas situaciones (potenciales elevados), el dieléctrico se fundirá, con la consiguiente destrucción del dispositivo. En otras situaciones, a través del dieléctrico se producirán pequeños orificios quemados, lo que dará lugar a la degradación de la vida útil, a un funcionamiento impreciso, o a ambas cosas.

*Durante años, la única técnica empleada para la neutralización de cargas electrostáticas en la industria fue el empleo de aparatos con polonio radiactivo.*

## TENSION RF

Cuando un objeto electrostáticamente cargado se descarga, la chispa emitida genera un campo electromagnético en movimiento, lo que se denomina tensión RF. Este campo es idéntico al campo EMI, excepto en que tiene su propio movimiento. Entonces, el campo que se desplaza induce corrientes a los conductores estacionarios o móviles, lo que da lugar a las averías que hemos expuesto en el apartado de inducción electromagnética.

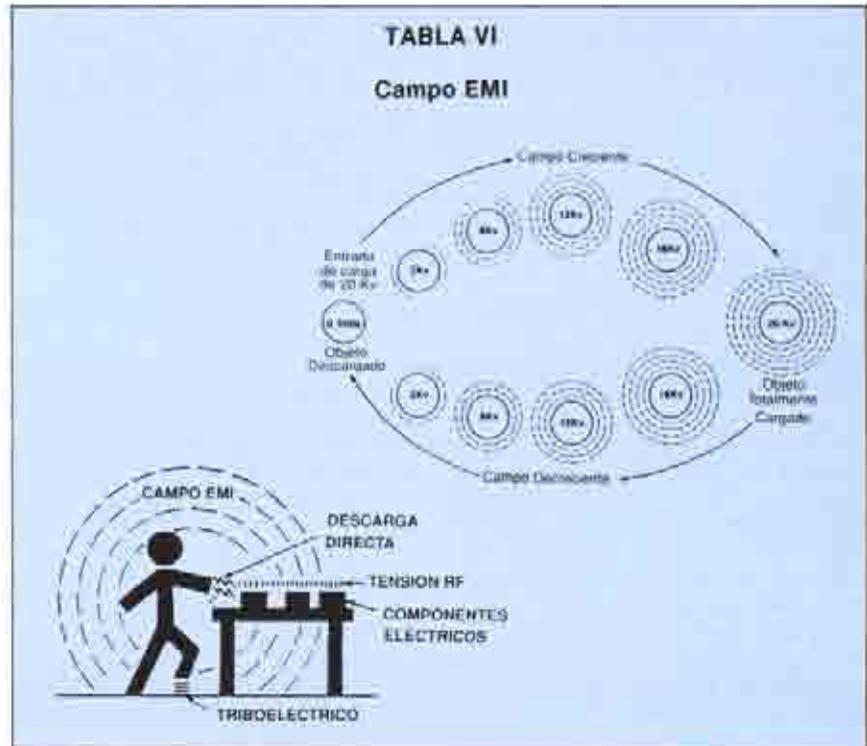
## INDUCCION ELECTROMAGNETICA

Un objeto electrostáticamente cargado está rodeado por un campo electromagnético. Este campo es similar al campo magnético que rodea un imán, como se ha demostrado en los cursos científicos. Si se vierten sobre una simple hoja de papel una serie de limaduras de hierro y se sitúa el papel sobre una barra imantada, basta con dar unos golpecitos sobre el papel para que las limaduras de hierro se agrupen a lo largo de las líneas del campo magnético, reproduciendo así su imagen.

El campo que rodea un objeto estáticamente cargado (denominado campo EMI) es igual de real que el descrito y, para los fines de esta explicación, tiene propiedades idénticas.

Es importante que se comprenda que a medida que un objeto aumenta su carga también aumenta la potencia y las dimensiones de su campo EMI. Esta expansión del campo durante la acumulación de la carga se puede considerar como un campo EMI variable hasta que el objeto quede totalmente cargado y el campo se haga estacionario. De ello se deduce, por tanto, que a medida que se disipa la carga el campo se contraerá, de nuevo, como un campo variable hasta que se disipe por completo (Tabla VI).

Cuando se desplaza un conductor a través de un campo EMI, o cuando se hace pasar el campo EMI a través de dicho conductor, se induce una corriente eléctrica a través de dicho conductor. Estas corrientes inesperadas podrían dar lugar a que tensiones muy distintas cruzasen por el circuito, ocasionando una secuencia de operaciones no intencionadas. Y ello podría dar lugar a la disminución de la vida útil, al funcionamiento impreciso del circuito o cualquier otro daño directo o inducido.



### EMI, polarización, efecto triboeléctrico y de tensión RF

El diagrama anexo ilustra todos estos mecanismos en acción:

1. Campo EMI.
2. Descarga directa.
3. Tensión RF.
4. Componentes electrónicos.
5. Triboeléctrico.

*Un puesto de trabajo protegido es una zona donde pueden controlarse las cargas estáticas en materiales conductores y en las personas. Está constituido por los siguientes elementos:*

- Tapete de mesa
- Alfombra de suelo
- Muñequera antistática.
- Cordón de tierra.

Al aproximarse al banco de trabajo, las personas se cargan negativamente, como consecuencia del rozamiento de sus ropas entre sí y con el aire ambiente (efecto triboeléctrico). Puesto que está cargado, emite un campo electromagnético. Sobre la mesa de trabajo hay tres dispositivos electrónicos. A medida que se acerca, su **campo EMI** atraviesa los dispositivos, lo que da lugar a que se generen corrientes imprevistas a su través. Esto puede dar lugar a la degradación de la vida útil o a un funcionamiento impreciso. Cuando el hombre llega a su puesto de trabajo, su campo ha **polarizado** ya los semiconductores de los dispositivos, lo que podría dar lugar a averías por perforación dieléctrica.

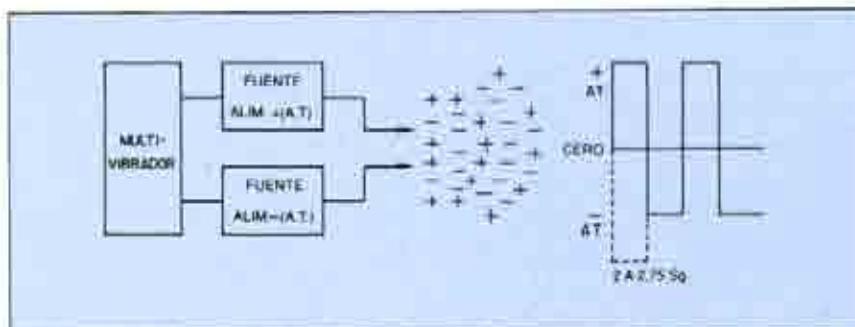
Entonces, el operario entra en contacto con uno de los dispositivos, con lo que descarga sobre éste todo su potencial. El flujo de alta tensión correspondiente genera la potencia suficiente para destruir el dispositivo. La chispa generada en la descarga transmite tensión RF, que se desplaza a través de los restantes dispositivos, induciendo corrientes inintencionadas que fluyen a su través y que los someten a posibles daños.

## RESUMEN

Hemos tratado de familiarizar al lector con los fundamentos de la electricidad estática. Nos hemos tomado

la libertad de explicar estos mecanismos de forma generalizada; el caso real tiene, como era lógico esperar, complejidad mucho mayor.

De lo expuesto resulta evidente que los dispositivos electrónicos están sujetos a averías a todo lo largo de su ciclo vital, y que el método más evidente para reducir los daños es controlar las fuentes productoras de electricidad estática.



## NEUTRALIZACION DE LA ESTATICA EN NO-CONDUCTORES

Aunque la recomendación más usada es la de restringir los materiales aislantes (altamente generadores de carga electrostática) en las áreas de seguridad o puestos de trabajo, la experiencia indica que en muchas ocasiones dicha recomendación no es posible, dado que ciertos embalajes son imposibles de evitar o incluso la carpeta de instrucciones o el vaso de plástico del «café» del operario permanece sobre la mesa de trabajo.

Por otro lado, las ropas son también portadoras de carga estática.

La eliminación de la carga electrostática de un material u objeto aislante se realiza mediante la neutralización con iones. Un ionizador de aire bipolar, es decir, que suministra un flujo constante de aire ionizado con iones positivos y negativos, es la solución.

Los objetos cargados atraen los iones de signo contrario, neutralizándose éste *in situ*. Los iones no utilizados de dicho signo e incluso los

iones de igual signo al de la superficie del objeto son repelidos y eventualmente recombinados con otros iones o son neutralizados (disipados) por los objetos conductores cuya superficie está conectada a tierra (por ejemplo, máquinas, suelo, etc.).

Es importante resaltar que la función del ionizador no sustituye a la función de la conexión por muñequera; es decir, el aire ionizado bipolar no debe ser usado como elemento controlador de la carga de una persona; la razón de ello es que la «capacidad» de una persona es al menos una a dos veces mayor que la de la mayoría de los materiales no conductores. El número total de exceso o déficit de electrones a ser neutralizado (se requiere un ión por electrón) es por tanto mucho mayor, y lógicamente el tiempo necesario para remitir el voltaje de la persona, por debajo del nivel de seguridad, resultará mayor.

El anterior razonamiento por el cual mediante simples movimientos una persona alcanza un voltaje de pico de 440 voltios en menos de 0,1 seg. no puede ser neutralizado mediante la ionización y precisa de una conexión permanente mediante la muñequera.

## NUEVAS TECNICAS DE IONIZACION

Durante años, la única técnica empleada para la neutralización de cargas electrostáticas en la industria fue el empleo de aparatos con polonio radiactivo, o generando iones libres por efecto corona a partir de C.A. La creciente necesidad de espacios libres de ESD cada vez mayores llevó al desarrollo de la TECNOLOGIA DE C.C. PULSANTE. Esta técnica fue aplicada en un principio para la eliminación de las altas cargas electrostáticas acumuladas en los no conductores en el interior de las salas limpias (ionización ambiental). Utilizando la misma técnica, la línea

TABLA VII

### Paulas para determinar en donde se genera la ES

### Niveles de tensión para diversas fuentes de ES

#### TENSION ELECTROSTATICA

	Medios de generación estática	Tensiones electrostáticas	
		Humedad relativa	
		10 al 20%	65 al 90%
1. Ciclo vital del producto; fuentes de electricidad estática			
2. Productos de entrada/inspección	Andar sobre alfombras	35.000	1.500
3. Producción/inspección	Andar sobre piso de vinilo	12.000	250
4. Inspección/embalaje	Trabajador en el banco	6.000	100
5. Embarque/manipulación	Sobres de vinilo para instrucciones de trabajo	7.000	600
6. Recepción/instalación por el cliente	Bolsa de plástico ordinaria recogida del banco	20.000	1.200
7. Servicio técnico	Silla de trabajo tapizada con espuma de poliuretano	18.000	1.500
8. Entorno			
Suelos			
Superficies de trabajo			
Equipos principales	DIPS de cerámica en tubo de plástico ordinario		700
Paredes			
Techos	DIPS de cerámica en bandejas de plástico para montaje		4.000
Lucos			
Ventiladores			
9. Personas			
Cuerpo	DIPS de cerámica en espuma de estireno		5.000
Ropa	Paquetes de circuitos con burbujas y tapa de plástico retrada		20.000
Procedimientos			
10. Materiales			
Materias primas	Paquetes de circuitos envasados en cajas de espuma		11.000
Ayudas a la producción			
Materiales de embalaje	Paquetes de circuitos (envasados) cuando se devuelven para reparar		6.000
11. Tiempo			



Conjunto de ionizadores ENDSTAT.

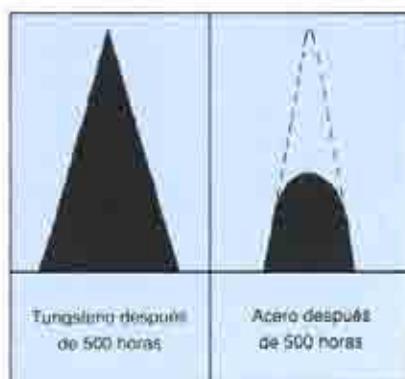
ENDSTAT® de ionizadores permite su empleo en puestos de trabajo individuales.

#### CONTROL EFICAZ DE LAS ESD

Los ionizadores ENDSTAT cuentan con dos fuentes de alimentación de AT que generan alternativamente iones positivos y negativos, controlados por un circuito multivibrador y conectados a electrodos diferenciados (+ y -).

#### UN SISTEMA EFICAZ Y DE LARGA VIDA

Los ionizadores ENDSTAT están equipados únicamente con electrodos de tungsteno toriado de alta calidad, material de vida útil mucho más larga que el níquel o el acero inoxidable. De hecho, los electrodos fabricados con estos últimos materiales pierden, en un plazo de meses, un gran porcentaje de su capacidad para neutralizar las ESD.



#### SEGURIDAD Y CONFORT EN EL PUESTO DE TRABAJO

Los ionizadores ENDSTAT de C.C. Pulsante no precisan ventiladores para activar la circulación de iones, y por ello no producen molestias a los trabajadores. Recientes estudios realizados en diversas compañías han demostrado que a los operarios no les agrada desarrollar sus tareas con corrientes de aire sobre sus manos

o en el puesto de trabajo. Por otra parte, el hecho de no ser radiactivos elimina los posibles riesgos e inconvenientes debidos a esta causa.

#### FACILIDAD DE EMPLEO Y CÓMODO MANTENIMIENTO

Los ENDSTAT son sencillos de instalar, manejar y conservar. Sólo precisan de una sencilla limpieza de emisores de una a cuatro veces por año, en función de las condiciones ambientales.

#### DIVERSIDAD DE OPCIONES

Los ionizadores ENDSTAT de C.C. Pulsante permiten la elección del equipo idóneo para cada aplicación concreta. Tanto los modelos de sobremesa como los de banco de trabajo (suspensos o fijados a la pared) son de cómodo manejo y sencilla instalación. En todos ellos está demostrada su capacidad para neutralizar el ambiente sin necesidad de

corrientes de aire que dispersen los iones. No obstante, existen versiones provistas de ventilación forzada y calefacción para aquellas aplicaciones concretas en las que se precisa una neutralización extremadamente rápida en un área localizada.

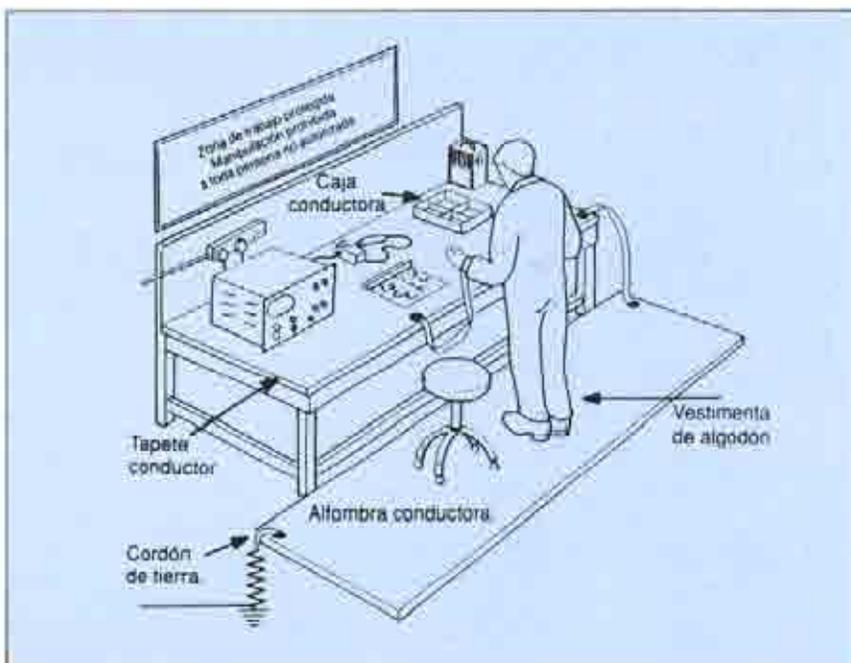
## SUPRESION DE LAS CARGAS ESTATICAS EN LA ZONA DE TRABAJO

### Puestos de trabajo protegidos

Un puesto de trabajo protegido es una zona donde pueden controlarse las cargas estáticas en materiales conductores, no conductores y en las personas. Está constituido por los siguientes elementos:

**Tapete de mesa.** Está descargando constantemente la electricidad estática acumulada en cualquier objeto conductor colocado sobre el tapete.

**Alfombra de suelo.** Sirve como protección contra las personas que, de forma accidental y esporádica, se acercan al puesto de trabajo. El tiempo de descarga, inferior a un segun-



do, asegura que su potencial estático sea lo suficientemente bajo como para no dañar a los componentes electrónicos que se encuentran sobre la

mesa, en el supuesto de que quisiera tocarlos.

También protege contra el potencial del operario en el supuesto de



*En la industria electrónica, la ESD produce daños inmediatos en los CI, por sí misma o por depósito de polvo, y en otros casos, daños incalculables al inducir averías que son detectadas después de la entrega de los equipos.*

que éste hubiera olvidado colocarse la muñequera.

**Muñequera antiestática.** Sirve para integrar al operario dentro del sistema de protección. Permite una descarga rápida, inferior a 0,1 segundos, e incorpora una resistencia de un megohmio para seguridad.

**Cordón de tierra.** Completa el sistema proporcionando la conexión a tierra de todos los elementos (tapete y alfombra).

Todos los cordones tienen una resistencia de un megohmio por razones de seguridad.

## 10 PUNTOS BASICOS PARA ESTABLECER UN PROGRAMA DE CONTROL ELECTROSTATICO

1. La información del problema de la estática como enemigo del circuito electrónico es la primera actuación que se debe realizar de cara a la DIRECCION al objeto de que ésta conozca el problema potencial.

2. Debe responsabilizarse a una persona o a un departamento del programa-investigación para el control y análisis de la electricidad estática en su industria.

3. Una revisión y análisis de información de los dispositivos usados o a utilizar en el futuro, así como identificar las áreas de trabajo por donde dichos productos pasan o se instalan, deben ser realizados incluso mediante la participación de los responsables o superiores de cada área.

4. Estime y realice una valoración económica (costos) de rechazos en fábrica durante los procesos de prueba intermedios y en prueba final: incluya, además, las devoluciones por mal funcionamiento del producto en campo y las reparaciones del servicio técnico, si las hubiese.

5. Decida las soluciones de protección en cada área de trabajo, definiendo los materiales necesarios (ionizador, tapete, alfombras, bolsas de apantallamiento, etc.).

6. Establezca las normas de uso interno de acuerdo con el plan de las dos reglas para la protección:

**Regla 1.** Manejar todos los componentes sensibles a la estática sólo en un área con protección electrostática.

Un área protegida es aquella capaz de eliminar la carga eléctrica de materiales conductores, personas y objetos no conductores. El uso de alfombras conductoras, tapetes y muñequeras con conexión a tierra e incluso si fuera precisa la utilización

de ionizadores constituyen el equipo básico de un puesto de trabajo.

**Regla 2.** Transportar todos los componentes sensibles en contenedores no aislantes (conductores) y en bolsas o embalajes de apantallamiento.

Un apantallamiento del campo eléctrico es preciso si se desea evitar la aparición de cargas electrostáticas por inducción de potenciales.

7. Establezca un programa de educación del personal, incidiendo en las dos reglas básicas para una protección total.

8. Instale los materiales de control electrostático y solicite la asistencia técnica del proveedor.

9. Supervise regularmente el sistema, incidiendo en el cumplimiento de las normas de uso.

10. Estime y valore de nuevo económicamente el ahorro o la reducción de costes por eliminación de defectos-rechazos y compárelo con la inversión realizada en la implantación del programa de control electrostático.

## AREAS TIPICAS CON PROBLEMAS DE ESD

### Industria electrónica

- Inspección y ensayos de entrada.
- Almacén-almacenaje.

*Cuando se descarga un material u objeto cargado próximo, la chispa resultante emite un campo electromagnético que se desplaza y que puede causar daños irreversibles. Es lo que se denomina Tensión RF.*

— Selección y preparación de lotes.

— Inserción automática y/o manual de componentes.

— Soldadura por ola.

— Ensamblaje de conjuntos.

— CONTROL DE CALIDAD AJUSTES.

— Embalado-Expedición.

### Artes gráficas/ind. plástico

— Procesos composición fotolitos.

— Procesos de envasado.

— Laminación.

— Impresión.

## SOLUCIONES

### Elementos conductores

— Alfombras conductoras.

— Tapetes conductores.

— Muñequeras y taloneras.

— Puestos de trabajo antiestáticos.

— Material de embalaje conductor.

— Bolsas conductoras y de apantallamiento.

— Kits de servicio técnico.

### Elementos neutralizadores

— Ionizadores c/ circulación aire.

— Ionizadores pasivos.

— Puestos de trabajo con aire limpio.

— Boquillas ionizantes.

— Pistolas c/ aire filtrado.

### Elementos de medida y detección

— Localizadores detectores de ESD.

— Comprobadores de continuidad.

— Set de medida de neutralización y balanceado de iones. ■