

## Susceptibilidad de Componentes Electrónicos a Descargas Electroestáticas en el Modelo del Cuerpo Humano

Jorge A.Olsson <sup>a\*</sup>, Lea V.Santiago <sup>a</sup>, Leandro J.Corrado <sup>a</sup>, Héctor R.Anocibar <sup>a</sup>, Víctor H.Kurtz <sup>a</sup>

<sup>a</sup> GID-IE (Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Electrónica), Facultad de Ingeniería (FI)  
Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina  
e-mails: \*olsson@fio.unam.edu.ar, santiago@fio.unam.edu.ar, corrado@fio.unam.edu.ar,  
anocibar@fiobera.unam.edu.ar, kurtzvh@fio.unam.edu.ar

---

### Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo presentar lineamientos generales para determinar la susceptibilidad a descargas electroestáticas de componentes de equipos eléctricos y electrónicos, en el modelo de cuerpo humano. Este procedimiento se realizó siguiendo la prueba de nivel de sistema, que simuló a una persona cargada electroestáticamente, que luego se descargó a un sistema en un entorno de usuario final. El propósito de la prueba a nivel de sistema, es asegurar que los productos terminados pueden sobrevivir a la operación normal, suponiendo que el usuario del producto no tomará ninguna precaución para reducir las posibles descargas electroestáticas y sus efectos. Se tomaron datos de las normas de prueba: IEC 61000-4-2 y ANSI/ESD STM5.1, sus niveles, métodos y formas de clasificación. Se concluyó que la determinación de la susceptibilidad a las descargas electroestáticas aportó datos para el proceso de fabricación y manipulación de componentes y equipos eléctricos y electrónicos; generando información útil para implementar protecciones adicionales a descargas electroestáticas.

**Palabras Clave** – Componentes electrónicos, Descargas electroestáticas, Modelo del cuerpo humano, Susceptibilidad

---

### Abstract

This work aimed to present the general guidelines to determine the susceptibility to electrostatic discharges of components, electrical and electronic equipment, in the human body model. This procedure was performed following the system level test, which was replicated to an electrostatically charged person, who was downloaded to a system in an end user environment. The purpose of the system level test is to ensure that finished products can survive normal operation, from a user who did not take any precautions to reduce possible electrostatic discharge and its effects. Data has been taken from the test standards: IEC 61000-4-2 and ANSI / ESD STM5.1, their levels, methods and forms of classification. The determination of the susceptibility to electrostatic discharges provided significant information for the manufacturing and handling process of electrical and electronic components and equipment; and it was useful to implement additional protections against electrostatic discharge.

**Keywords** - Electronic components, Electrostatic discharge, Human body model, Susceptibility

---

## 1. Introducción

La carga electrostática se define como "carga eléctrica en reposo" [1] y la electricidad estática es un desequilibrio de las cargas eléctricas dentro o en la superficie de un material. Este fenómeno produce un campo eléctrico que puede influir en otros objetos. La descarga electrostática (ESD – *Electrostatic Discharge*) se puede experimentar tocando un metal después de caminar a través de un piso alfombrado cuando se produce frotación con los zapatos, lo que constituye un problema en los procesos industriales. Municiones y explosivos, petroquímicos, farmacéutica, agricultura, impresión y artes gráficas, textiles, pintura y plásticos son algunas de las industrias donde el control de la electricidad estática tiene una importancia significativa y más recientemente los productos

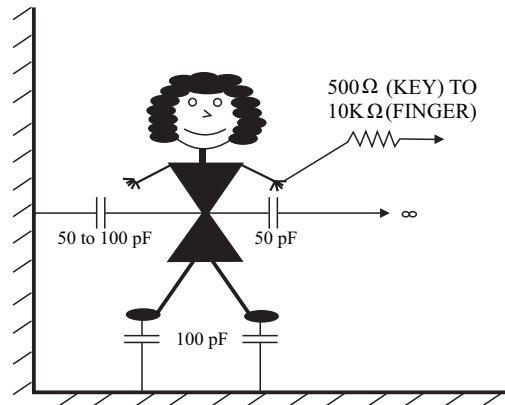
eléctricos y electrónicos. A medida que los dispositivos electrónicos se hacen más rápidos y los circuitos se hacen más pequeños, su sensibilidad a la ESD aumenta. Hoy en día, la ESD afecta la productividad y la fiabilidad del producto en prácticamente todos los aspectos del entorno electrónico mundial. La susceptibilidad a la ESD, afecta los rendimientos de la producción, el costo de fabricación, la calidad, confiabilidad y rentabilidad del producto. El costo de los dispositivos dañados en sí oscila entre unos cuantos centavos para un semiconductor simple y miles de dólares para circuitos integrados complejos.

La descarga electrostática se define como “la transferencia rápida y espontánea de la carga electrostática inducida por un campo electrostático elevado” [1]. Por su parte la norma IEC 61000-4-2 [2] define a éste fenómeno físico como la transferencia de carga eléctrica entre cuerpos de diferente potencial electrostático en proximidad o por contacto directo. La ESD puede cambiar las características eléctricas de un dispositivo semiconductor, degradándolo o destruyéndolo. También puede alterar el funcionamiento normal de un sistema electrónico, causando un mal funcionamiento del equipo [3]. Las superficies cargadas pueden atraer y retener contaminantes, dificultando su remoción. Todo esto motivó la realización del presente trabajo de revisión bibliográfica y de las normas, con el objetivo de describir los ensayos para determinar la susceptibilidad (o inmunidad) de componentes electrónicos ante la ESD en el modelo del cuerpo humano HBM (*Human Body Model*).

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Susceptibilidad Modelo Humano HBM

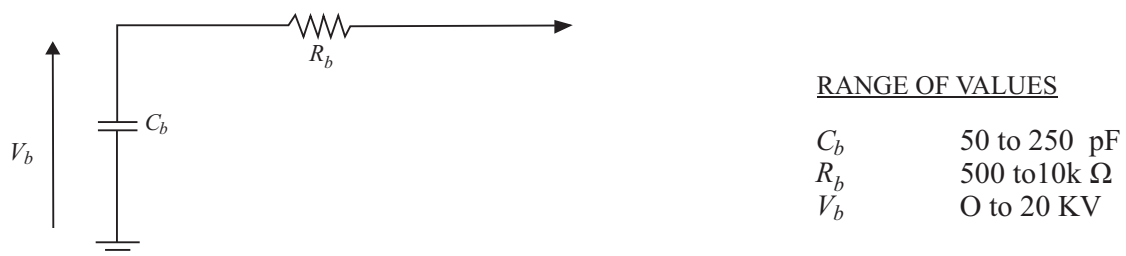
Los seres humanos son una fuente principal de descarga electrostática, debido a que es fácil para una persona acumular carga estática. Los mecanismos de acumulación de carga estática básicamente son dos: por inducción electrostática y por triboelectricidad, ambos descritos en [4][7]. Esta carga puede entonces transferirse de la persona a una pieza de equipo electrónico sensible en forma de una descarga electrostática y para modelar esta descarga del cuerpo humano, se debe determinar su capacitancia. Esta última se encuentra compuesta por el paralelo de la capacidad debida a la superficie del cuerpo respecto a tierra, que es de aproximadamente 50 pF, y el contribuyente principal que proviene de la capacitancia entre las plantas de los pies y tierra, de aproximadamente 50 pF por pie. También puede existir adicionalmente otra capacidad debido a la proximidad a objetos y o estructuras, como se muestra en la Fig. 1 [6].



**Figura 1. Capacidad y resistencia del modelo del cuerpo humano [6].**

Por tanto, la capacitancia del cuerpo humano  $C_b$  varía entre 50 pF separada del suelo y 250 pF en la última circunstancia. La resistencia del cuerpo  $R_b$  puede variar de aproximadamente 500  $\Omega$  a 10000  $\Omega$ , dependiendo de cual parte del cuerpo produce la descarga [7].

El modelo del cuerpo humano para ESD se muestra en la Fig. 2, donde la capacitancia del cuerpo se carga hasta una tensión  $V_b$  que puede superar los 20 kV (carga triboeléctrica u otros medios) y la descarga se produce por la resistencia del cuerpo  $R_b$ . Cuando es a través del dedo, la resistencia será de unos 10000  $\Omega$ , de la palma de la mano de 1000  $\Omega$ , a partir de un pequeño objeto metálico en la mano, será aproximadamente 500  $\Omega$ , pero si la descarga se produce a partir de un objeto metálico grande en contacto con la persona como una silla, la resistencia puede ser de aproximadamente 50  $\Omega$ . El circuito de la Fig. 2 se utiliza en pruebas ESD para simular la descarga del cuerpo humano. La norma IEC 61000-4-2 [2] define cuatro niveles estándar de protección ESD, utilizando dos metodologías de prueba diferentes. La descarga por contacto implica descargar un pulso ESD directamente desde la pistola de prueba ESD, que está tocando el dispositivo bajo prueba. Este es el método preferido de prueba. Además, la norma prevé una metodología de prueba alternativa conocida como descarga de aire, cuando no es posible realizar pruebas de descarga por contacto. En esta, la pistola de ensayo ESD se aproxima al dispositivo bajo prueba hasta que se produce una descarga. Las normas se definen de manera que cada nivel se considera equivalente, por ejemplo una descarga de contacto de nivel 8 de 8 kV es equivalente a una descarga de aire de 15 kV [1].



**Figura 2. Modelo HBM eléctrico. [6]**

Las normas de prueba de ESD utilizan valores diferentes para los componentes del modelo y los más utilizados se describen en los estándares del anexo A.7 [2] y [8].

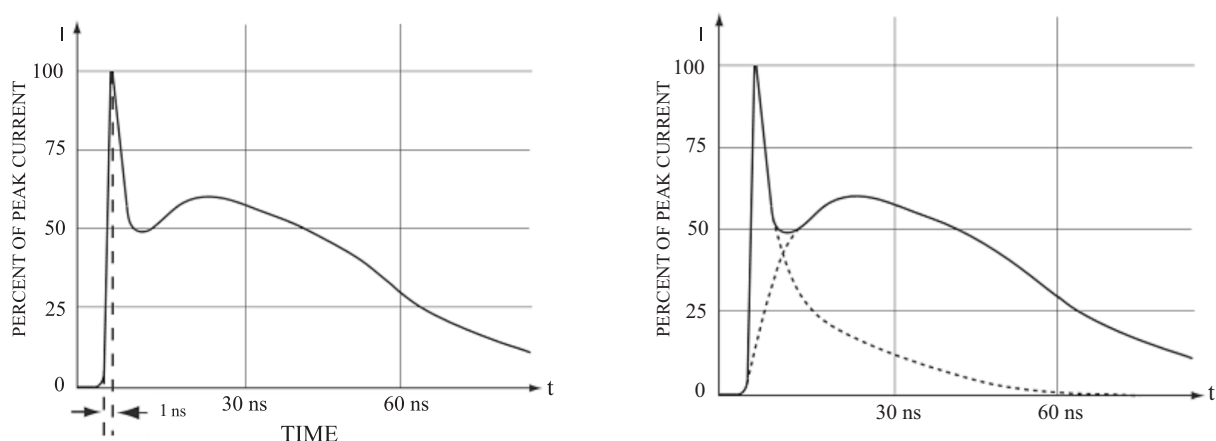
El modelo de la primer norma consiste en emplear los valores  $C_b = 150 \text{ pF}$  y  $R_b = 330 \Omega$ . En la Fig. 3 se ilustra la forma de onda típica producida por una descarga a través del HBM para tales valores y consta de dos componentes.

El impulso estrecho de rápido aumento es la descarga de la capacitancia de espacio libre en la punta de la sonda del probador ESD y el pulso ancho más lento es la descarga del condensador de  $150 \text{ pF}$  en serie con la inductancia del conductor de tierra del probador.

El tiempo de subida es de  $0,7$  a  $1,0 \text{ ns}$  y la corriente de pico de  $30 \text{ A}$  para una tensión de  $8 \text{ kV}$ .

Una descarga de tensión menor a  $3500 \text{ V}$  no es detectada por la persona involucrada.

Debido a que muchos dispositivos electrónicos son sensibles a los daños causados por descargas de sólo unos pocos cientos de voltios, el daño a los componentes puede ocurrir por una descarga que no percibe.



**Figura 3. Forma de onda típica de descarga a través del HBM (izq) y Combinación de ondas (derecha). [2].**

En el otro extremo, las descargas de potenciales mayores de  $25 \text{ kV}$  causan dolor a la persona involucrada. Los niveles de prueba recomendados por la norma [2] se presentan en la Tabla 1.

Los detalles relativos a los diversos parámetros que pueden influir en la tensión a la que se puede cargar el cuerpo humano se dan en la cláusula A.2. La cláusula A.4, también contiene ejemplos de la aplicación de los niveles de prueba relacionados con las clases ambientales (de instalación).

**Tabla 1: Niveles de prueba [2]**

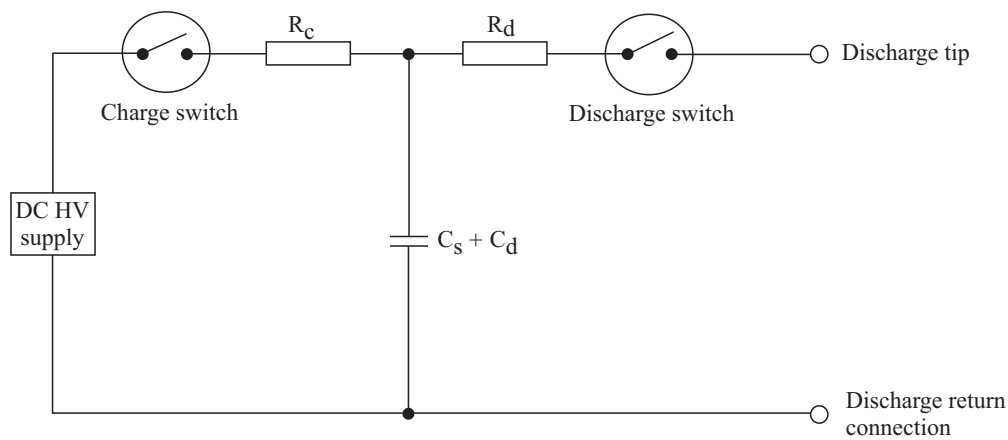
Contact discharge		Air discharge	
Level	Test voltage kV	Level	Test voltage kV
1	2	1	2
2	4	2	4
3	6	3	8
4	8	4	15
x <sup>a</sup>	Special	x <sup>a</sup>	Special

<sup>a</sup> "x" can be any level, above, below or in between the others. The level shall be specified in the dedicated equipment specification. If higher voltages than those shown are specified, special test equipment may be needed.

**2.2. Generador de prueba ESD**

En la Fig. 4, se muestra en el diagrama simplificado del generador de prueba ESD [2] y sus partes principales, donde  $C_d$  es una capacitancia distribuida que existe entre el generador y el medio.  $C_s + C_d$  tiene un valor típico de 150 pF,  $R_d$  tiene un valor típico de 330Ω. Un modelo similar con algunas variantes se describe en la referencia [8] y en investigaciones más recientes, se han desarrollando métodos de simulación como los descriptos en [9].

En [2] se especifican las principales características del generador ESD y en particular la determinación de las distintas constantes de tiempo  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  y  $\tau_4$  de la descomposición de la onda de descarga producida por el generador de prueba, según se muestra en la Fig. 5.



**Figura 4. Circuito simplificado del generador de prueba [2].**

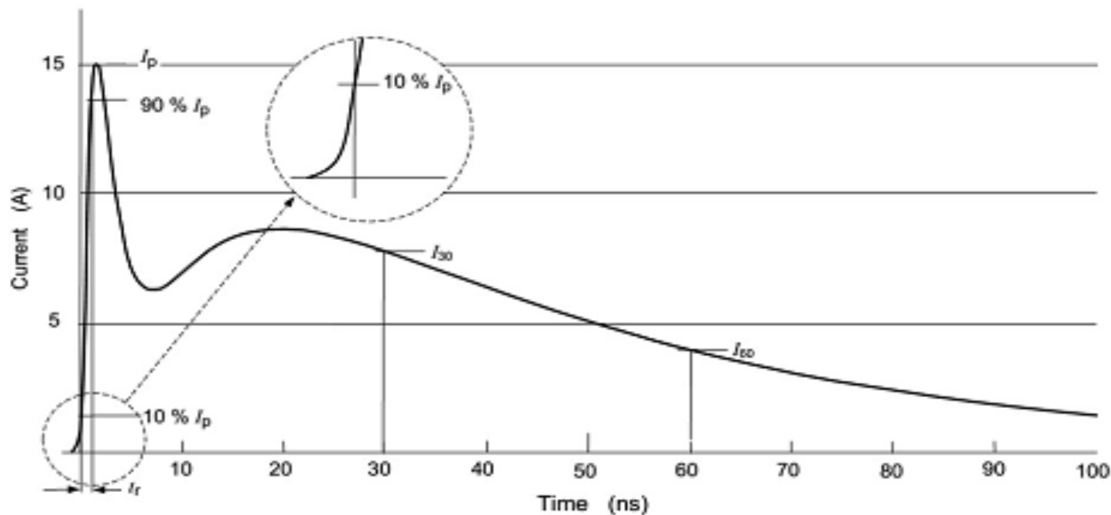


Figura 5. Forma de onda que produce el generador de prueba. [2].

La carga sobre un objeto ocurre durante un periodo de tiempo, donde un parámetro importante es el tiempo de decaimiento o de relajación  $\tau$ , que es el tiempo que tarda la carga en reducirse al 37 % de su valor inicial. De acuerdo con [7], el valor de  $\tau$  se puede calcular a través de la ecuación (1), donde  $\epsilon$  es la constante dieléctrica para el material y  $\sigma$  es la conductividad. Como se aprecia en la misma ecuación, el tiempo de relajación puede escribirse en términos de la resistividad superficial del material ( $\rho$ ).

$$\tau = \frac{\epsilon}{\sigma} = \epsilon\rho \quad (1)$$

Debido a que la electricidad estática es un fenómeno superficial, los materiales se pueden clasificar por su resistividad superficial, cuya unidad de medida es en Ohmios sobre sección cuadrada ( $\Omega/S$  cuadrada), la cual es equivalente a la resistencia medida a través de una sección cuadrada del material. Los métodos de medición y de clasificación de los materiales se basan en [10], la cual clasifica los materiales en las cuatro categorías, las que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2: Clasificación de materiales según su resistividad superficial [10]

Materiales	Resistencia superficial ( $\Omega/S$ cuadrada)
Conductividad	0 a $10^5$
Disipativa estática	$10^5$ a $10^9$
Antiestática	$10^9$ a $10^{14}$
Aislativa	$>10^{14}$

Los materiales con resistividades superficiales de  $10^9 \Omega/S$  cuadrada o menor, tienen conductividad y se pueden descargar rápidamente por puesta a tierra, pero entonces se debe limitar la corriente para evitar daños. Ni los materiales estáticos-disipativos, ni los antiestáticos, se cargan cuando se separan de ellos mismos o de cualquier otro material. Tienen aplicaciones similares y

algunas veces se agrupan. Son los materiales preferidos para usar en un entorno sensible a ESD, tal como una línea de fabricación para equipos electrónicos. Los aisladores no disipan la carga, pero conservan la que tienen, por ejemplo, una bolsa de polietileno y material de embalaje de espuma de poliestireno. Estos materiales no deben ser permitidos en un ambiente sensible a ESD.

Los efectos inducidos por ESD en sistemas electrónicos se pueden dividir en las siguientes categorías según [7]:

- Errores duros.
- Errores de software (o suaves).
- Trastorno transitorio.

Los errores duros causan daños reales al hardware del sistema, por ejemplo, la destrucción de un circuito integrado. Los errores suaves afectan el funcionamiento del sistema, como un bit de memoria cambiado o bloqueo de programa, pero no causan daño físico. El trastorno transitorio no causa un error, pero el efecto es perceptible, como la interferencia de una pantalla de tubos de rayos catódicos o el cambio momentáneo de una lectura. La Unión Europea [2] trata estos errores como un fracaso de la ESD, clasificándolos en Criterios de Desempeño B. Otra manera aun no estandarizada es el tratamiento que se plantea en la referencia [11].

### *Simbología e Identificación*

Para identificar los elementos sensibles a ESD es importante el uso de símbolos apropiados y productos especiales destinados a controlarla. Los dos símbolos más aceptados para identificar las piezas sensibles o los materiales de protección de control, se definen en la Norma de las referencias [12]-[13], y son ilustrados en la Fig. 6. Ambos constan de un triángulo y una mano de alcance para la Susceptibilidad. La barra diagonal indica que el manejo o uso de este producto puede resultar dañado por ESD si no se toman las precauciones apropiadas y el símbolo de protección ESD reemplaza la barra por un arco alrededor del triángulo que indica protección.



**Figura 6. Susceptibilidad ESD - Protección ESD [13].**

### *2.3. Método HBM- IEC 61000*

La norma IEC 61000 hace referencia a los requisitos de inmunidad y métodos de prueba para equipos eléctricos y electrónicos sometidos a descargas de electricidad estática, directamente vinculados con los operadores y a los objetos adyacentes. Además, define los rangos de los niveles de prueba, que se relacionan con las diferentes condiciones ambientales y de instalación, estableciendo los procedimientos de prueba.

### Equipo en prueba EUT

Según [2] y [7] se designa con la sigla EUT (*Equipment Under Test*) al equipo bajo prueba y como alternativa la sigla DUT (*Device Under Test*), dispositivo bajo prueba [11].

*Generador ESD*: Debe cumplir las especificaciones de [2] descritas en la sección 2.2.

*Accesorios*. Los accesorios deben cumplir los requisitos indicados en el capítulo 6 de [2], y son:

- El cable de retorno de descarga.
- Las resistencias de 470 k $\Omega$  de apagado.
- El plano de referencia de tierra (GRP), capítulo 7 de [2].
- Todas las conexiones que forman la trayectoria de descarga.

El propósito de la verificación es asegurar que la configuración de la prueba ESD esté en funcionamiento.

### Toma de tierra

La ESD Association EOS/ESD de la referencia [13] recomienda un procedimiento para conectar a tierra los elementos de control ESD. Este punto común debe estar debidamente identificado como EOS/ESD [12] y, además, recomienda el uso del símbolo de la Fig. 7.



Figura 7. Punto común de tierra. [12]

### 2.4. Configuración para pruebas realizadas en los laboratorios

El EUT estará dispuesto y conectado de acuerdo a sus requerimientos funcionales y según establece [2]. Se proporciona una distancia mínima de 0,8 m entre el EUT y las paredes del laboratorio y también de cualquier otra estructura metálica. El generador ESD y EUT deben estar conectados a tierra de acuerdo con sus especificaciones de la instalación. No se permiten conexiones adicionales a tierra. El cable de retorno de descarga del generador ESD debe conectarse al plano de referencia de tierra (GRP). Cuando se especifican los planos de acoplamiento para permitir la aplicación indirecta de la descarga, se conecta al GRP por medio de un cable con un resistor de 470 k $\Omega$  situado en el extremo. La instalación de ensayo se realiza sobre una mesa no conductora a una altura de  $(0,8 \pm 0,08)$  m del GRP. Se coloca un plano de acoplamiento horizontal (HCP) y si el ensayo lo requiere, se instala un plano de acoplamiento vertical (VCP), según [2].

En [2] se describe la configuración de prueba para equipo de suelo y otras posibles configuraciones. La configuración general del ensayo es idéntica a la descrita para simular un solo evento ESD, la carga en el EUT se elimina antes de cada impulso ESD aplicado. La carga sobre el



punto o parte metálica a la que se va a aplicar el pulso ESD, (cables de conexión, clavijas, antenas) deben retirarse antes de cada impulso de prueba ESD aplicado, ya que no se puede garantizar la resistencia entre éste y otros puntos accesibles del producto. Un cable con resistores de 470 k $\Omega$ , similar al utilizado con el HCP y VCP es el dispositivo preferido para eliminar las cargas.

### 2.5. Procedimiento de prueba

#### *Parámetros ambientales*

Con el fin de minimizar el impacto de los parámetros ambientales en los resultados de las pruebas, la calibración se lleva a cabo en las condiciones climáticas y electromagnéticas especificadas en [2]. El EUT debe funcionar dentro de las condiciones climáticas previstas. En el caso de pruebas de descarga de aire, las condiciones climáticas, deben estar en los siguientes rangos:

- Temperatura ambiente: 15 °C a 35 °C.
- Humedad relativa: 30 % a 60 %.
- Presión atmosférica: 86 kPa (860 mbar) a 106 kPa (1060 mbar).

Las condiciones electromagnéticas del laboratorio deben ser tales que garanticen el correcto funcionamiento del EUT, para no influir en los resultados del ensayo.

#### *Modo de funcionamiento de la EUT*

El funcionamiento de la EUT se elige de manera que se ejercen todos sus modos normales de funcionamiento [2]. Se recomienda el uso de software de ejercicios y sólo se permite cuando se puede demostrar que el EUT está ejerciendo de forma exhaustiva. Para las pruebas de conformidad, el EUT debe funcionar continuamente en su modo más sensible (ciclo de programa), que se determina mediante ensayos preliminares.

#### *Condiciones de funcionamiento representativas del EUT.*

Antes de comenzar con el ensayo debe determinarse:

- Si el EUT debe ser probado como de mesa o de suelo.
- Los puntos en los que se aplican las descargas.
- En cada punto, si se van a aplicar descargas de contacto o de aire.
- El nivel de prueba a aplicar.
- El número de descargas que deben aplicarse en cada punto para las pruebas de conformidad.
- Si también se deben aplicar pruebas posteriores a la instalación.

### 2.6. Aplicación directa e indirecta de ESD a la EUT

A menos que se indique lo contrario en las normas genéricas, relacionadas con el producto o de la familia del producto, las descargas electrostáticas se aplican sólo a aquellos puntos y superficies de la EUT que son accesibles a las personas durante su uso normal [2]. Se aplican las siguientes exclusiones: aquellos puntos y superficies que sólo son accesibles en mantenimiento, puntos y

superficies que sólo son accesibles por el usuario en servicio, tales como los contactos de la batería; puntos y superficies que no son accesibles después de la instalación fija o después de seguir las instrucciones de uso; los contactos de los conectores coaxiales y multipolo que están provistos de un conector metálico, en este caso las descargas de contacto sólo se aplican a la carcasa metálica de estos conectores; contactos dentro de un conector no conductor y que sólo se someten a prueba mediante la descarga de aire. Este ensayo se realiza utilizando la punta de prueba redondeada en el generador ESD. En aquellos contactos de conectores u otras partes accesibles que son sensibles a ESD por razones funcionales y están provistos de una etiqueta de advertencia ESD, RF entradas de medición, recepción u otras funciones de comunicación, el ensayo se realiza con descargas únicas. En cada punto preseleccionado se aplicarán al menos 10 descargas únicas (en la polaridad más sensible). El número mínimo de descargas aplicadas depende del EUT. El intervalo de tiempo entre sucesivas descargas individuales se recomienda un valor inicial de un segundo.

Para la aplicación indirecta de la descarga a la EUT se procede de manera similar siguiendo el estándar.

### **3. Resultados y discusión**

#### *3.1. Norma IEC 61000-4-2*

Los resultados de la prueba especificada se clasifican de acuerdo con la pérdida de función o degradación del rendimiento del equipo sometido a ensayo, en relación con un nivel de rendimiento definido por su fabricante o el solicitante del ensayo o acordado entre el fabricante y el comprador del producto. La clasificación recomendada es la siguiente:

- Rendimiento normal dentro de los límites especificados por el fabricante, solicitante o comprador.
- Pérdida temporal de la función o degradación del rendimiento que cesa después de la Interrupción de la perturbación, y a partir de la cual el equipo bajo prueba recupera su rendimiento, sin intervención del operador.
- Pérdida temporal de la función o degradación del rendimiento, cuya corrección requiere la intervención del operador.
- Pérdida de función o degradación del rendimiento que no es recuperable, debido a daños en hardware o software, o pérdida de datos.

Esta clasificación puede servir de guía en la formulación de criterios de desempeño por parte de los comités encargados de las normas genéricas, de los productos y de las familias de productos, o como marco para el acuerdo sobre criterios de desempeño entre el fabricante y el comprador. Los niveles de la prueba son los mostrados en la Tabla 1.

### 3.2. Norma ANSI/ESD STM5.1-2001

Los componentes sensibles de la norma ANSI/ESD se clasifican de acuerdo con la tensión soportada por el HBM, independientemente de la polaridad, como se muestran en la Tabla 3 (a), y, la clasificación de los componentes de acuerdo con su tensión para el HBM y para los diferentes niveles de estrés ESD, en la Tabla 3 (b).

**Tabla 3: Clasificación ANSI-rango de tensión y nivel de estrés [8]**

Clase	Rango de tensión
0	< 250
1A	250 a < 500
1B	500 a < 1000
1C	1000 a < 2000
2	2000 a < 4000
3A	4000 a < 8000
3B	≥ 8000

(a)

Nivel de estrés	Carga equivalente ( $\pm$ ) tensión Vp (Volt)
0	< 250
1A	250 a < 500
1B	500 a < 1000
1C	1000 a < 2000
2	2000 a < 4000
3A	4000 a < 8000
3B	≥ 8000

(b)

### 3.3. Informe de ensayo

El informe de ensayo contiene toda la información necesaria para reproducirlo, en particular, se registra lo siguiente:

- Los elementos especificados en el plan de prueba requerido por la Cláusula 8 de esta norma. Identificación del EUT y cualquier equipo asociado: marca, tipo de producto, número de serie.

- Identificación del equipo de prueba: marca, tipo de producto, número de serie. Cualesquiera condiciones ambientales especiales en las que se realizó la prueba.

Recinto blindado.

- Las condiciones específicas necesarias para permitir la realización del ensayo.
- Nivel de rendimiento definido por el fabricante, solicitante o comprador.
- Criterios de rendimiento especificados en la norma genérica, producto o producto-familia.
- Cualquier efecto sobre el EUT observado durante o después de la aplicación de la perturbación del ensayo, y la duración durante la cual estos efectos persisten.

- La justificación de la decisión de aprobación/denegación (basada en el criterio de rendimiento especificado en la norma genérica, producto o producto-familia, o acordada entre el fabricante y el comprador).

- Cualquier condición específica de uso: longitud o tipo de cable, blindaje o puesta a tierra, las condiciones de funcionamiento de la EUT que son necesarias para lograr el cumplimiento del ensayo.

- Condiciones climáticas.

- Dibujo y/o imágenes de la configuración de prueba y la disposición de EUT.

#### 4. Conclusiones

Se concluye que la determinación de la categoría de clasificación de componentes y equipos eléctricos-electrónicos a la susceptibilidad a las descargas electrostáticas permite aportar datos para un adecuado proceso de fabricación, manipulación y utilización de productos reduciendo los posibles inconvenientes ante descargas electrostáticas. Permite su correcta elección, de acuerdo a su destino, facilitando datos necesarios para la implementación de protecciones ante descargas electrostáticas cuando la susceptibilidad del componente lo requiere. También se observa que una clasificación con similar categoría de susceptibilidad en distinta norma no indica lo mismo. Las normas IEC clasifican en cuatro niveles de tensión de prueba, por su parte ANSI lo hace en siete y esto motiva un estudio de equivalencias y de compatibilización.

#### Referencias

- [1] ESD Fundamentals (2013)[Online 22/05/17]. Available: [www.esda.org](http://www.esda.org) . 2013.
- [2] I. E. Commission, International standard (1999) IEC 61000-4-2: electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques – electros .1999.
- [3] Koki Narita; Mototsugu Okushima. “Low Clamping Voltage Protection for Improvements of Powered ESD Robustness”. 2018 40th Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium (EOS/ESD). IEEE Conferences, pp. 1-8. sept/oct 2018.
- [4] Fernández, J. C. (2016) Clase 2 interferencia conducida. Compatibilidad Electromagnética Universidad Nacional de Misiones – 2016.
- [5] Fernández, J. C. “Modelos estáticos y circuitales” en Ingeniería electromagnética. EUDEBA-2013-Biblioteca de Ingeniería. ISBN 9789502320946. 2013
- [6] ESDA. ESD fundamentals. (2013) [Online13/8/16]. Available: <https://www.esda.org/about-esd/esd-fundamentals/> . 2013.
- [7] Ott, H. W. (2011) Electromagnetic Compatibility Engineering. Wiley, 2011.
- [8] E. E. A.(2001) Staff, Sensitivity Testing - Human Body Model (HBM) Component Level: Ansi/esd Stm5.1-1998. . EOS/ESD Association, Incorporated, 2001.
- [9] Yang Xiao; Ann Concannon; Rajkumar Sankaralingam. “HBM failures induced by ESD cell turn-off and circuit interaction with ESD protection”. 2015 37th Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium (EOS/ESD). IEEE Conferences, pp. 1-7. sept/oct 2015.
- [10] N. S. S. C. (1994), W. DC. Military Handbook: Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices (Metric). Defense Technical Information Center, 1994.
- [11] Junsik Park; Jongsung Lee; Cheolgu Jo; Byongsu Seol ; Jinguook Kim. “A Proto-type ESD Generator for System Immunity Test of Wearable Devices”. 2018 40th Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium (EOS/ESD). IEEE Conferences, pp. 1-6. sept/oct 2018.
- [12] EOS/ESD Association (2013) Incorporated, ANSI/ESD S8. 1-2012 ESD Association Standard for the Protection of Electrostatic Discharge Susceptible Items - Symbols - ESD Awareness. EOS/ESD Association, Incorporated, 2013.
- [13] EOS/ESD (2014).Association- Incorporated, ANSI/ESD S6. 1-2014 - ESD Association Draft Standard for the Protection of Electrostatic Discharge Susceptible Items - Grounding. EOS/ESD Association, Incorporated, 2014.