

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA

Dr. Ferran Silva

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



14 de octubre de 2004
INTI-CITEI
Buenos Aires, Argentina

Ensayos de inmunidad



1

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÈTICA

Ensayos de inmunidad

- **Introducción**
- **Descargas electrostáticas**
- **Inmunidad radiada**
- **Transitorios**
- **Otros ensayos de inmunidad**

Ensayos de inmunidad



2

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÈTICA

Introducción

Inmunidad... ¿qué es y qué no es?

*“... que les permita funcionar de acuerdo
con el fin para el que han sido previstos”*

Ensayos de inmunidad



3

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÈTICA

Introducción

9 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

La variedad y la diversidad de los equipos y sistemas a ensayar hace difícil el establecimiento de los efectos de estos ensayos sobre los equipos y los sistemas.

La evaluación de los resultados de los ensayos será clasificada según las condiciones de explotación y las especificaciones funcionales del equipo ensayado, como se indica a continuación, a menos que sean proporcionadas especificaciones diferentes por los comités de producto o las especificaciones de producto:

- 1 comportamiento normal dentro de los límites de la especificación;
- 2 degradación temporal o pérdida de función o comportamiento autorrecuperable;
- 3 degradación temporal o pérdida de función o comportamiento que necesita la intervención de un operador o una puesta a cero del sistema;
- 4 degradación o pérdida de función no recuperable debido a una avería del equipo (componentes) o del soporte lógico ("software"), o una pérdida de datos.

... / ...

Ensayos de inmunidad



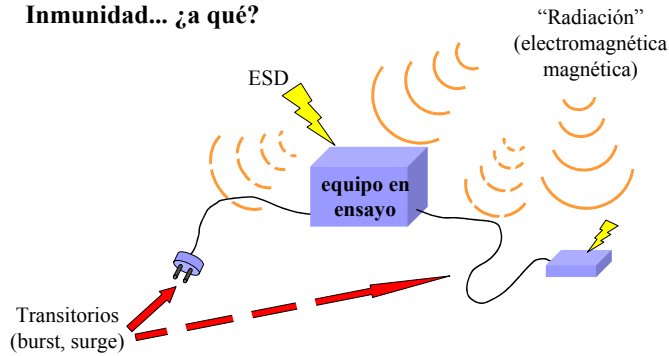
4

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÈTICA

Introducción

Inmunidad... ¿a qué?



Ensayos de inmunidad



5

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Ensayos de inmunidad

- Introducción
- Descargas electrostáticas
- Inmunidad radiada
- Transitorios
- Otros ensayos de inmunidad

Ensayos de inmunidad

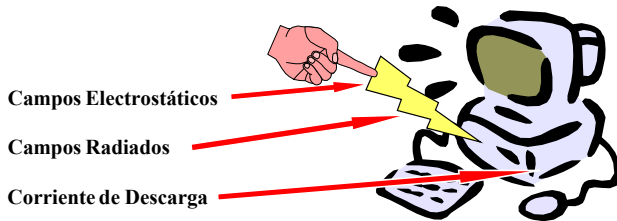


6

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Descargas electrostáticas

Efectos sobre los Equipos Electrónicos



Campos Electrostáticos

Campos Radiados

Corriente de Descarga



Igniciones
Explosiones

Descargas Secundarias

- Campo Electrostático
- Campo Radiado
- Corrientes de Descarga

Ensayos de inmunidad



7

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Descargas electrostáticas

Generación de carga

Table 3.3. Typical Measured Electrostatic Voltages.*

Means of Static Generation	Relative Humidity	
	Low, 10-20%	High, 65-90%
Walking across carpet	35,000 V	1500 V
Walking over vinyl floor	12,000 V	250 V
Worker at bench	6000 V	100 V
Vinyl envelopes for work instructions	7000 V	600 V
Common poly bag picked up from bench	20,000 V	1200 V
Work chair padded with urethane foam	18,000 V	1500 V

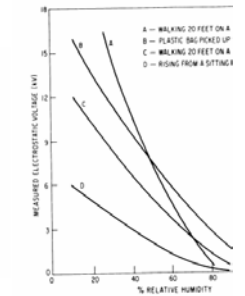


Fig. 3-4. Typical electrostatic voltages at diff humidities. From [1].

Ensayos de inmunidad



8

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Descargas electrostáticas

DESCARGA

Una vez la carga está generada se debe analizar el fenómeno de la descarga a la transferencia de la carga acumulada entre dos cuerpos a diferente potencial electrostático

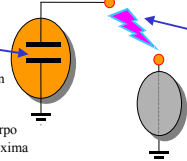
EL SER HUMANO SOLO NOTA DESCARGAS > 3500 V

un gran campo electrostático es generado en el punto de descarga

la capacidad modela la carga acumulada

en el cuerpo humano los valores típicos son 50 pF - 100 pF y dependen de:

- forma del cuerpo
- geometría próxima



la descarga se genera cuando el aislante (normalmente aire) se rompe y se crea un canal de avalancha

el campo eléctrico típico es 30 kV/cm pero depende varios factores

- forma de los electrodos y simetría
- separación de los electrodos
- velocidad de aproximación

Ensayos de inmunidad



9

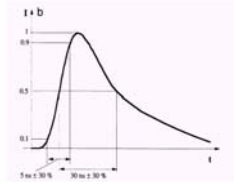
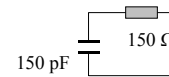
Descargas electrostáticas

La descarga produce un transitorio de corriente que depende de:

- geometría de los electrodos
- velocidad de aproximación
- tensión
- humedad

➔ **MODELO**

MODELO SIMPLE RC



Este modelo es representativo de descargas humanas hasta 100 MHz

Ensayos de inmunidad

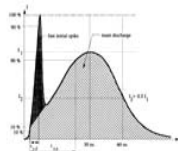
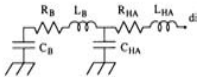


10

Descargas electrostáticas

Las descargas humanas medidas con un ancho de banda de 1 GHz no están bien representadas con el modelo RC simple

MODELO RLC DOBLE



valores representativos:

- $C_B = 60 - 300 \text{ pF}$
- $L_B = 0,4 - 2,0 \text{ } \mu\text{H}$
- $C_{HA} = 3 - 10 \text{ pF}$
- $R_{HA} = 20 - 200 \text{ pF}$
- $L_{HA} = 0,05 - 0,2 \text{ } \mu\text{H}$

- Mano y antebrazo $C_{HA} - R_{HA} - L_{HA}$ causa el impulso inicial
Baja energía - Altas frecuencias
 - Cuerpo $C_B - L_B$ causa la descarga principal
Alta energía - Bajas frecuencias
- También hay modelos para separar el dedo**

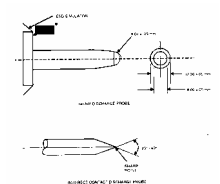
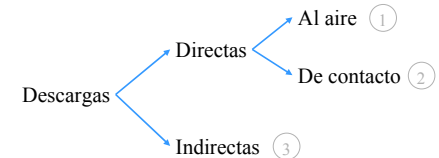
Ensayos de inmunidad



11

Descargas electrostáticas

EN 61000-4-2



Ensayos de inmunidad



12

Descargas electrostáticas

EN 61000-4-2

EN 61000-6-1

EN 61000-6-2

	Nivel comercial	Nivel industrial
Nivel de severidad	± 4 kV (contacto) ± 8kV (aire)	± 4 kV (contacto) ± 8kV (aire)
Criterio de funcionamiento	B	B

Ensayos de inmunidad



13

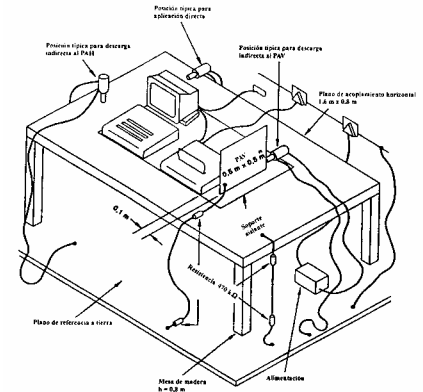
Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Descargas electrostáticas

EN 61000-4-2

Equipos de sobremesa



Ensayos de inmunidad



14

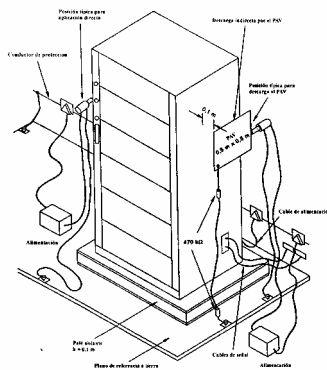
Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Descargas electrostáticas

EN 61000-4-2

Equipos de suelo



Ensayos de inmunidad



15

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Descargas electrostáticas

Elección de los puntos de aplicación

- Aplicación en **todos** los puntos accesibles por el **usuario**
- Se **excluyen** operaciones de mantenimiento no realizadas por el usuario
- Selección de puntos críticos
 - Búsqueda a 20 desc/s

- Repetibilidad de los efectos
- Dificultad añadida en sistemas digitales
- “Postprocesado” de los resultados (¿?) *Propuestas*



Ensayos de inmunidad



16

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Ensayos de inmunidad

- **Introducción**
- **Descargas electrostáticas**
- **Inmunidad radiada**
- **Transitorios**
- **Otros ensayos de inmunidad**

Ensayos de inmunidad

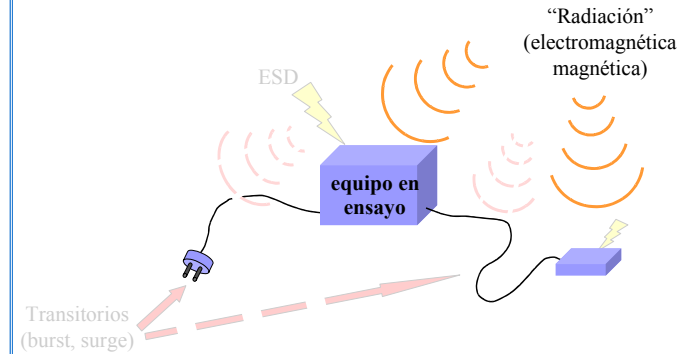


17

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Inmunidad radiada



Ensayos de inmunidad



18

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

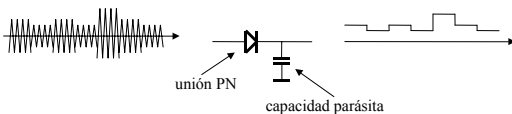
ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Inmunidad radiada

Emisiones "intencionadas"

radiodifusión	LW / MW / SW	10 V/m
televisión	VHF / UHF	1 V/m
radar	UHF / SHF	1 kV/m
transmisores móviles		10 - 100 V/m

Demodulación "de audio"



Ensayos de inmunidad



19

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Inmunidad radiada

IEC 801-3

26 MHz - 500 MHz sin modular

EN 61000-4-6
aplicado sobre cables

150 kHz - 80 MHz
mod AM 80% 1 kHz

EN 61000-4-3
aplicado sobre "envolvente"

80 MHz - 1 GHz
mod AM 80% 1 kHz
mod pulsos 100 % 200 Hz

Ensayos de inmunidad



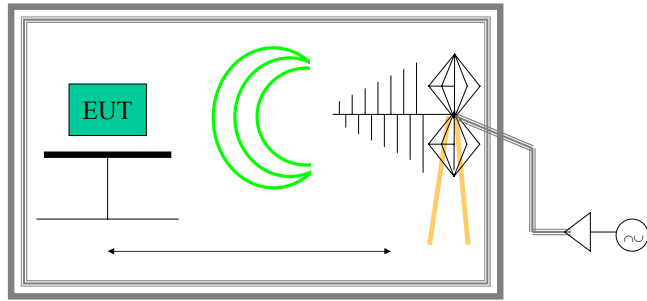
20

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Inmunidad radiada

EN 61000-4-3



Ensayos de inmunidad



21

Inmunidad radiada

EN 61000-4-3

Calibración:

- sonda omnidireccional (3 ejes)
- campo E (no campo H)
- sin modulación
- 1,5 m x 1,5 m 16 puntos de medida
- al menos 12 puntos dentro de -0 dB +6 dB

EN 61000-6-1

EN 61000-6-2

	Nivel comercial	Nivel industrial
Nivel de severidad	3 V/m	10 V/m
Criterio de funcionamiento	A	A

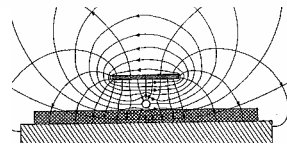
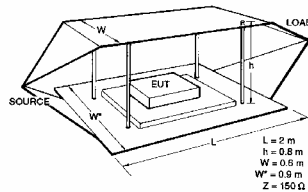
Ensayos de inmunidad



22

Inmunidad radiada

STRIP LINE
10 kHz - 10 MHz



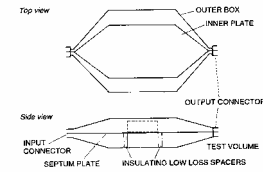
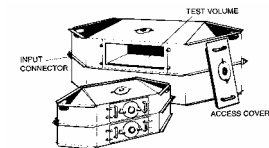
Ensayos de inmunidad



23

Inmunidad radiada

TEM
hasta 200 MHz



Ensayos de inmunidad



24

Inmunidad radiada

GTEM
hasta 1 GHz



Ensayos de inmunidad



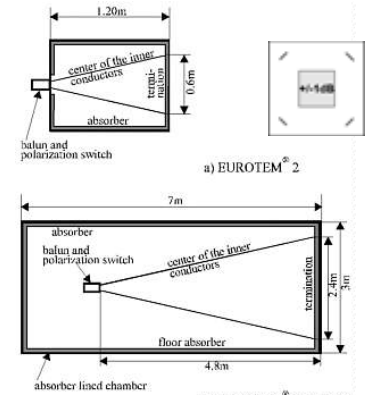
25

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Inmunidad radiada

EUROTEM
hasta 2 GHz



Ensayos de inmunidad



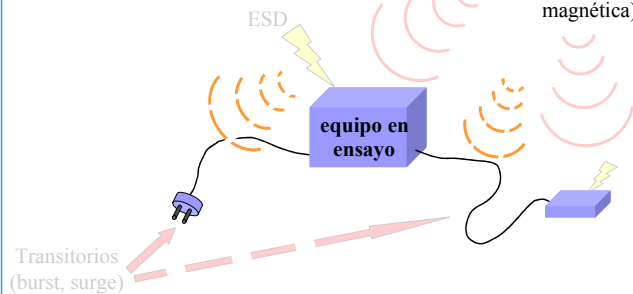
26

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Inmunidad radiada

“Radiación”
(electromagnética
magnética)



Ensayos de inmunidad



27

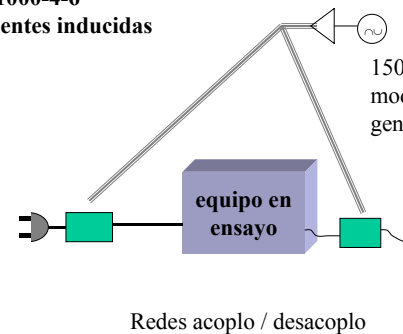
Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Inmunidad radiada

EN 61000-4-6
Corrientes inducidas

150 kHz - 80 MHz
mod AM 80% 1 kHz
genéricas: 3 V - 10 V



Ensayos de inmunidad



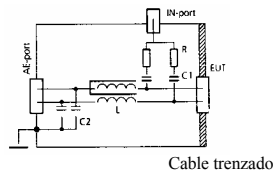
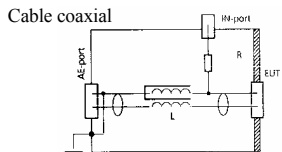
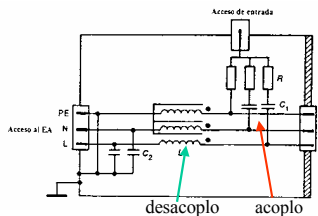
28

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Inmunidad radiada

EN 61000-4-6
Corrientes inducidas



Ensayos de inmunidad



29

Inmunidad radiada

EN 61000-6-1

EN 61000-6-2

	Nivel comercial	Nivel industrial
Nivel de severidad	3 V	10 V
Criterio de funcionamiento	A	A

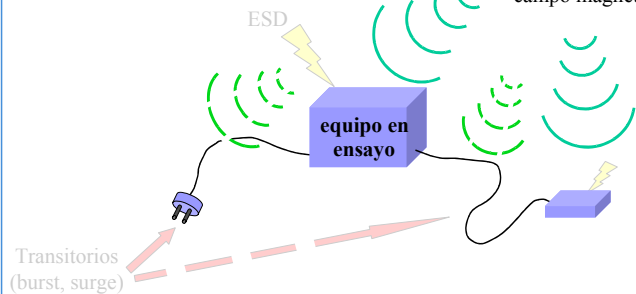
Ensayos de inmunidad



30

Inmunidad radiada

Inmunidad a
campo magnético



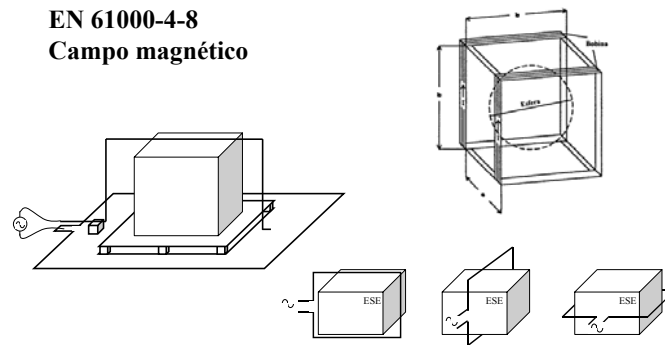
Ensayos de inmunidad



31

Inmunidad radiada

EN 61000-4-8
Campo magnético



Ensayos de inmunidad

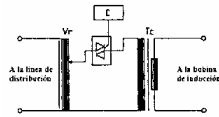


32

Inmunidad radiada

EN 61000-4-8
Campo magnético

- Señal de red
- Armónicos



EN 61000-6-1 EN 61000-6-2

	Nivel comercial	Nivel industrial
Nivel de severidad	3 A/m	30 A/m
Criterio de funcionamiento	A	A (CRT 3 A/m)

Ensayos de inmunidad



33

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Ensayos de inmunidad

- Introducción
- Descargas electrostáticas
- Inmunidad radiada
- **Transitorios**
- Otros ensayos de inmunidad

Ensayos de inmunidad

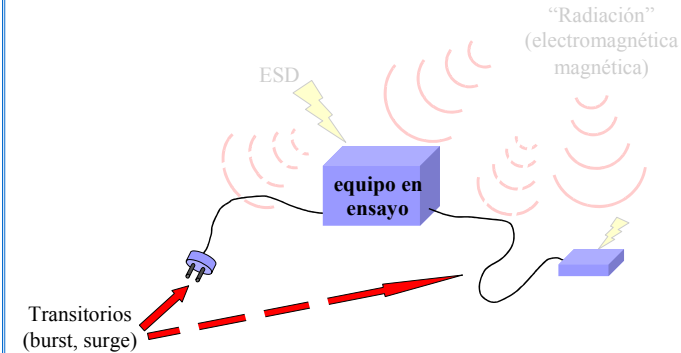


34

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Transitorios



Ensayos de inmunidad



35

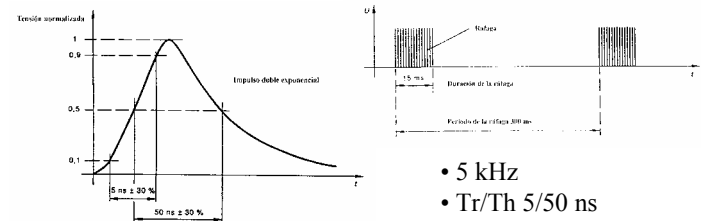
Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Transitorios

EN 61000-4-4 Transitorios rápidos **BURST**

- Transitorios rápidos **BURST** provocados por motores, contactores, relés, etc.



- 5 kHz
- Tr/Th 5/50 ns

Ensayos de inmunidad



36

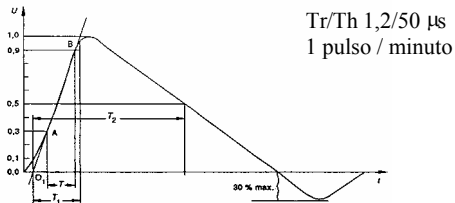
Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Transitorios

EN 61000-4-5 Onda de Choque SURGE

- Onda de choque **SURGE** provocada por descargas atmosféricas y maniobras eléctricas



Ensayos de inmunidad



41

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Transitorios

EN 61000-4-5 Onda de Choque SURGE

	Nivel comercial	
	Líneas AC	Líneas de DC* (≥ 10 m)
Nivel de severidad	línea-línea ± 1 kV línea-tierra ± 2 kV	línea-línea ± 500 V línea-tierra ± 500 V
Criterio de funcionamiento	B	B

EN 61000-6-1

	Nivel industrial	
	Añadir líneas de señal si $l > 30$ m	
Nivel de severidad	línea-tierra ± 1 kV	
Criterio de funcionamiento	B	

EN 61000-6-2

Ensayos de inmunidad



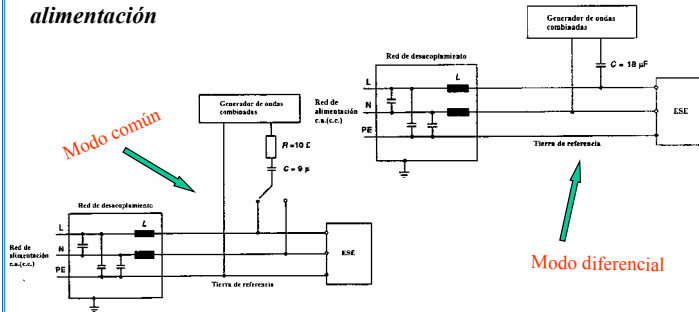
42

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Transitorios

EN 61000-4-5 Onda de Choque SURGE alimentación



Ensayos de inmunidad



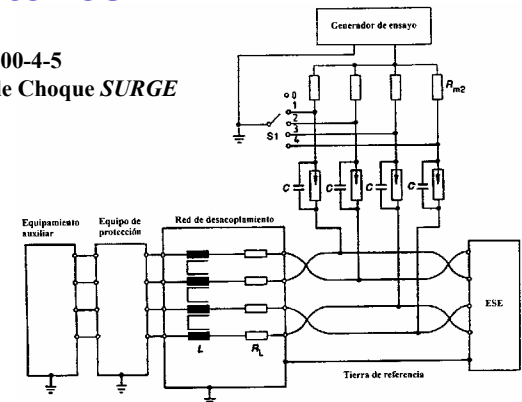
43

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Transitorios

EN 61000-4-5 Onda de Choque SURGE señal



Ensayos de inmunidad



44

Grup de Compatibilitat Electromagnètica
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENSAYOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Ensayos de inmunidad

- **Introducción**
- **Descargas electrostáticas**
- **Inmunidad radiada**
- **Transitorios**
- **Otros ensayos de inmunidad**



Otros ensayos de inmunidad

UNE-EN 61000-4-11

**Inmunidad a los huecos de tensión,
interrupciones breves y variaciones de tensión**

EN 61000-6-1

EN 61000-6-2

	Nivel comercial / industrial		
Reducción	30 %	60%	> 95 %
Duración	10 ms	100 ms/100ms, 1 s	5 s
Criterio de funcionamiento	B	C	C



Otros ensayos de inmunidad

IEC 61000-4: publication(s) found

IEC 61000-4-1 (1992-12)
IEC 61000-4-2 (1995-01)
IEC 61000-4-3 (1995-02)
IEC 61000-4-4 (1995-01)
IEC 61000-4-5 (1995-02)
IEC 61000-4-6 (1996-04)
IEC 61000-4-7 (1991-08)

IEC 61000-4-8 (1993-06)
IEC 61000-4-9 (1993-06)
IEC 61000-4-10 (1993-06)
IEC 61000-4-11 (1994-06)
IEC 61000-4-12 (1995-05)
IEC 61000-4-14 (1999-02)
IEC 61000-4-15 (1997-11)
IEC 61000-4-16 (1998-01)

IEC 61000-4-17 (1999-06)
IEC 61000-4-24 (1997-02)
IEC 61000-4-28 (1999-11)

Overview of immunity tests.

Electrostatic discharge immunity test.
Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.
Electrical fast transient/burst immunity test.
Surge immunity test.
Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields.
General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected
Power frequency magnetic field immunity test.
Pulse magnetic field immunity test.
Damped oscillatory magnetic field immunity test.
Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests
Oscillatory waves immunity test.
Voltage fluctuation immunity test
Flickermeter - Functional and design specifications
Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz
Ripple on d.c. input power port immunity test
Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance
Variation of power frequency, immunity test

