



AEA IT 91340
INFORME TÉCNICO
ELECTROSTÁTICA

PARTE 1

FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS – PRINCIPIOS Y MEDICIONES



ÍNDICE GENERAL

1	OBJETO	13
2	REFERENCIAS NORMATIVAS	13
3	TÉRMINOS Y DEFINICIONES	14
3.1	ADITIVO ANTIESTÁTICO	15
3.2	ANTIESTÁTICO	15
3.3	UNIÓN ELÉCTRICA.....	15
3.4	RUPTURA DIELECTRICA	15
3.5	TENSIÓN DE RUPTURA DIELECTRICA	15
3.6	DECAIMIENTO DE CARGA.....	15
3.7	TIEMPO DE DECAIMIENTO DE CARGA (TIEMPO DE RELAJACIÓN DE CARGA).....	15
3.8	CONDUCTIVIDAD	15
3.9	MATERIAL CONDUCTOR O CONDUCTIVO	16
3.10	MATERIAL DISIPATIVO	16
3.11	TIERRA, PUESTA A TIERRA	16
3.12	DESCARGA ELECTROSTÁTICA	16
3.13	CLASIFICACIÓN DE GRUPOS EXPLOSIVOS	16
3.14	SUSTANCIAS INFLAMABLES.....	16
3.15	TENSIÓN O UMBRAL DE RIESGO.....	17
3.16	ÁREA RIESGOSA	17
3.17	AISLADOR, MATERIAL AISLADOR.....	17
3.18	ENERGÍA MÍNIMA DE IGNICIÓN	17
3.19	RELAJACIÓN DE LA CARGA.....	17
3.20	DENSIDAD DE CARGA SUPERFICIAL (Δ_s).....	17
3.21	RESISTIVIDAD SUPERFICIAL (Ω_s).....	17
3.22	CARGA POR EFECTO TRIBOELECTRICO	18
3.23	DENSIDAD DE CARGA VOLUMÉTRICA (Δ_v)	18



3.24	RESISTIVIDAD VOLUMÉTRICA (Ω_v).....	18
4	FUNDAMENTOS DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA.....	18
4.1	GENERAL	18
4.2	ELECTRIFICACIÓN POR CONTACTO	19
4.3	CARGA POR INDUCCIÓN	21
4.4	TRANSFERENCIA DE CARGA POR CONDUCCIÓN	22
4.5	RETENCIÓN DE CARGA	23
4.6	INFLUENCIA DE LA HUMEDAD AMBIENTAL.....	25
4.6.1	GENERAL	25
4.6.2	MEDICIONES <i>IN SITU</i>	26
4.7	DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS	26
4.7.1	GENERAL	26
4.7.2	DESCARGAS POR CHISPA.....	26
4.7.3	DESCARGAS POR EFECTO CORONA	27
4.7.4	DESCARGAS POR FROTAMIENTO.....	28
4.7.5	PROPAGACIÓN DE DESCARGAS POR FROTAMIENTO.....	28
4.7.6	DESCARGAS POR EFECTO CONO.....	30
4.8	FUERZAS MECÁNICAS EN UN CAMPO ELÉCTRICO.....	30
5	PROBLEMAS ELECTROSTÁTICOS Y RIESGOS	30
5.1	GENERAL	30
5.2	COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y SISTEMAS	31
5.2.1	GENERAL	31
5.2.2	TIPOS DE FALLA.....	31
5.2.3	PROBLEMAS Y AMENAZAS EN LOS DIFERENTES PERIODOS DEL CICLO DE VIDA.....	32
5.3	IGNICIÓN ELECTROSTÁTICA – RIESGOS	33
5.3.1	GENERAL	33
5.3.2	DESCARGAS POR CHISPAS DESDE OBJETOS CONDUCTORES	34



5.3.3	DESCARGAS POR EFECTO CORONA DESDE OBJETOS CONDUCTORES.....	34
5.3.4	DESCARGAS POR FROTAMIENTO DESDE SUPERFICIES AISLANTES	34
5.3.5	PROPAGACIÓN DE DESCARGAS POR FROTAMIENTO DESDE SUPERFICIES AISLANTES	34
5.3.6	DESCARGAS DESDE PERSONAS	35
5.3.7	POTENCIAL DE IGNICIÓN DE DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS	36
5.4	SENSACIÓN FISIOLÓGICA	37
5.5	SIMULACIÓN DE DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS	38
5.5.1	GENERAL	38
5.5.2	MEDICIÓN DE LA ENERGÍA DE IGNICIÓN POR DESCARGAS CAPACITIVAS.....	40
5.5.3	MODELO DE CUERPO HUMANO	40
5.5.4	MODELO MÁQUINA	41
5.5.5	MODELO DE DISPOSITIVO CARGADO	41
6	SOLUCIONES GENERALES A LOS PROBLEMAS Y RIESGOS.....	42
6.1	GENERAL	42
6.2	PROPUESTAS COMUNES	42
7	APLICACIONES ÚTILES DE LOS EFECTOS ELECTROSTÁTICOS.....	44
8	ASPECTOS GENERALES DE LAS MEDICIONES	44
8.1	GENERAL	44
8.2	CAMPO ELÉCTRICO.....	45
8.2.1	GENERAL	45
8.2.2	APLICACIÓN.....	47
8.3	POTENCIAL	48
8.3.1	GENERAL	48
8.3.2	POTENCIAL SUPERFICIAL	48
8.3.3	POTENCIAL ESPACIAL	49
8.4	CARGA.....	50



8.5	DENSIDAD DE CARGA	51
8.5.1	DENSIDAD DE CARGA SUPERFICIAL	51
8.5.2	DENSIDAD DE CARGA VOLUMÉTRICA	51
8.6	DECAIMIENTO DE CARGA	52
8.7	RESISTENCIA Y RESISTIVIDAD	53
8.8	CAPACIDAD DE ALMACENAR CARGAS	54
8.9	CORRIENTE	55
8.10	ENERGÍA EN LA DESCARGA CAPACITIVA	56
8.11	ENERGÍA DE IGNICIÓN	56
8.11.1	GENERAL	56
8.11.2	ENERGÍA EQUIVALENTE	58
8.12	CARGA TRANSFERIDA EN DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS	59
8.12.1	GENERAL	59
8.12.2	ELECTRODO DE DESCARGA	61
8.12.3	CIRCUITO DE MEDICIÓN	61
8.12.4	ARREGLOS ALTERNATIVOS PARA MEDICIÓN DE TRANSFERENCIA DE CARGA	62
8.13	CAPACITANCIA	63
8.14	RIGIDEZ DIELECTRICA	63



INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA 4.2 - EJEMPLO DE SERIE TRIBOELÉCTRICA.....	20
FIGURA 4.3 - CARGA POR INDUCCIÓN	22
FIGURA 4.4 – TRANSFERENCIA DE CARGAS POR CONDUCCIÓN CUANDO LOS OBJETOS 1 Y 2 SON CONDUCTORES	23
FIGURA 4.5 - CIRCUITO ELÉCTRICO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTOR CARGADO ELECTROSTÁTICAMENTE	25
TABLA 4.7.2 - VALORES TÍPICOS DE CAPACIDADES ELÉCTRICAS.....	27
FIGURA 5.3.7.4 - EJEMPLOS DE FORMAS DE ONDA DE DESCARGAS POR FROTAMIENTO, MEDIDAS CON UN OSCILOSCOPIO RÁPIDO DE ALMACENAMIENTO DIGITAL.....	37
TABLA 5.4 - NIVELES DE PERCEPCIÓN TÍPICOS Y RESPUESTAS FÍSICAS DE LAS PERSONAS A LAS DESCARGAS, BASADAS EN LA CAPACIDAD DE UN CUERPO DE 200 PF	38
FIGURA 5.5- CIRCUITO PARA SIMULACIÓN DE DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS	39
TABLA 5.5.5 - VALORES TÍPICOS USADOS EN MODELOS DE SIMULACIÓN ESD.....	41
FIGURA 8.2.1 – A - SONDA	46
FIGURA 8.2.1 – B -MOLINO DE CAMPO.....	47
FIGURA 8.12.1- ARREGLOS BÁSICOS PARA MEDICIÓN DE CARGA TRANSFERIDA EN DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS CON CIRCUITOS DE MEDICIÓN ALTERNATIVOS.....	60
FIGURA 8.12.3 -TRAZOS TENSIÓN/ TIEMPO DEL OSCILOSCOPIO	62



INTRODUCCIÓN

El filósofo Tales de Mileto, alrededor del año 600 a.C., descubrió y describió un fenómeno, que hoy llamamos electrostático. Muchos científicos continuaron con los estudios, no obstante recién en los últimos tiempos se comprenden con mayor claridad los efectos de acumulación de cargas sobre personas y cosas, así como las descargas electrostáticas.

Estas manifestaciones se debieron en gran medida, a la incorporación masiva de materiales sintéticos, para aplicación en la construcción de viviendas e instalaciones industriales, médicas y el uso masivo en la fabricación de vestimenta y calzado, tanto en actividades laborales como en la vida cotidiana.

Los efectos indeseables de la acumulación de cargas pueden ser, entre otros, daño directo a componentes electrónicos sensibles, incendios, explosiones, shock en las personas que puede inducir a accidentes propios o a terceros, daño a pacientes en áreas críticas hospitalarias, e incluso el aumento de patologías ya señaladas en textos médicos.

Esta generalización de los efectos perjudiciales en tantas áreas requiere profundizar el estudio de las particularidades que presenta la electrostática para especificar adecuadamente materiales, instalaciones, equipamientos, dispositivos y procedimientos, e incluso incorporar a las cargas estáticas como un contaminante físico importante en la consideración de contingencias ambientales y accidentes de trabajo.

Este reporte técnico desarrolla aspectos de la electrostática para dar al usuario una visión de respaldo, principios, métodos de medición y aplicaciones industriales. Todo en conformidad con las publicaciones de IEC TC 101.



1 OBJETO

Esta parte de la AEA 91340, describe los principios fundamentales de los fenómenos electrostáticos incluyendo la generación de cargas, la retención y disipación en descargas electrostáticas.

Los métodos de medición de los fenómenos electrostáticos y las propiedades de los materiales se describen en un modo general.

Se presentan someramente los riesgos y problemas asociados con los fenómenos electrostáticos y principios para su control.

Se resumen las aplicaciones útiles de la electrostática

El propósito de este reporte técnico es servir como una referencia para el desarrollo de normas relacionadas con la electrostática, y proveer una guía a sus usuarios finales.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en conjunto o en parte, están normativamente referenciados en este documento y son indispensables para su aplicación. Para las referencias con fecha, sólo se aplican las ediciones citadas. Para las que no tienen fecha, se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

IEC 60068-1, *Environmental testing- Part 1: General and guidance*

IEC 60079-1-1:2002, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 1-1:Flame proof enclosures “d”- Method of test ascertainment of maximal experimental safe gap*

IEC 60079-10-1, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres.*

IEC 60079-10-2, *Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas – Combustible dust atmospheres*

IEC 60079-12: 2002 *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- PART 12: Classification of mixtures of gases or vapours with air according to their maximum safe gaps and minimum igniting currents.*

IEC 60079-17, *Explosive atmospheres- Part 17: Electrical installations inspection and maintenance*

IEC 60079-20:2002, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus*

IEC 60243-1, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Test at power frequencies*



IEC 60243-2, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 2: Additional requirements for tests using direct voltage*

IEC 60721-2-1, *Classification of environmental conditions- Part2-1: Environmental conditions appearing in nature – Temperature and humidity*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.*

IEC 61241-2-3, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 2: Test methods – Section 3: Method for determining minimum ignition energy of dust/air mixtures*

IEC 61340 -2-1, *Electrostatics – Part 2-1: Measurement methods – Ability of materials and products to dissipate static electric charge*

IEC 61340 -2-3, *Electrostatics – Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid planar materials used to avoid electrostatic charge accumulation*

IEC 61340 -3-1, *Electrostatics – Part 3-1: Methods for simulation of electrostatic effects –Human body model (HBM) electrostatic discharge test waveforms*

IEC 61340 -3-2, *Electrostatics – Part 3-2: Methods for simulation of electrostatic effects –Machine model (MM) electrostatic discharge test waveforms*

IEC 61340 -4-1, *Electrostatics – Part 4-1: Standard test methods for specific applications- Electrical resistance of floor coverings and installed floors*

IEC 61340 -4-4, *Electrostatics – Part 4-4: Standard test methods for specific applications- Electrostatic classification of flexible intermediate bulk containers (FIBC)*

IEC 61340-5-1, *Electrostatics – Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*

IEC 61340-5-2, *Electrostatics – Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena-User guide*

IEC 61892-7, *Mobile and fixed offshore units- Electrical installations – Part 7: Hazardous areas*

ANSI/ESD STM5.3.1-1999, *Charged Device Model (CDM)- Component Level U. von Pidoll et al. Determining the incendivity of electrostatic discharges without explosive gas mixtures. IEEE Transactions on Industry Applications, 40 (2004), 1467-1475*

BS EN 13821, *Potentially explosive atmospheres. Explosion prevention and protection. Determination of minimum ignition energy of dust/air mixtures.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para el propósito de este documento se utilizan los siguientes términos y definiciones