

---

# SEGURIDAD EN EL TRABAJO

---

## SISTEMAS DE PROTECCION DEL EQUIPO ELECTRICO PARA SU EMPLEO SEGURO EN EMPLAZAMIENTOS EN LOS QUE SE MANEJAN SUSTANCIAS INFLAMABLES O EXPLOSIVAS.

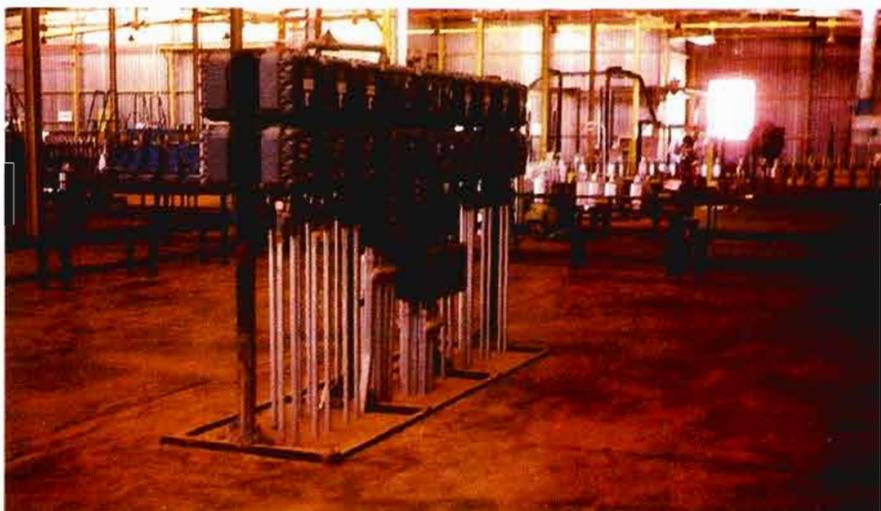
D. JUAN XUFRE BESORA

### INTRODUCCION

Como consecuencia del crecimiento extraordinario de las industrias químicas y petroquímicas, de plásticos, etc., así como del empleo, almacenamiento y distribución de combustibles gaseosos y líquidos, existe un número considerable de actividades en las que se manipulan, almacenan o procesan sustancias inflamables o explosivas.

La utilización del equipo eléctrico en estos emplazamientos puede producir la ignición de las mezclas de dichas sustancias con el aire, con el consiguiente peligro para la integridad de las personas e instalaciones

*Planta de Gases Licuados*



*Refinería*



Una medida evidente de protección primaria, consiste en reducir en lo posible la presencia de concentraciones peligrosas de dichas sustancias inflamables en la atmósfera. Sin embargo, al no poder garantizar completamente la ausencia de tales concentraciones, el equipo eléctrico que deba instalarse en estos emplazamientos deberá estar provisto de algún modo de protección que evite que sea el causante de la ignición.

En el presente artículo se describen las técnicas de protección del equipo eléctrico que están recogidas en las Normas UNE españolas y que cuentan también con un reconocimiento internacional, ya que las Normas UNE citadas están basadas en Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional.

---

Debido al número considerable de actividades que están involucradas en esta problemática y que a la vez muchas personas y profesionales implicados desconocen, o tienen un conocimiento incompleto de este tema, hemos considerado que convendría en primer lugar conocer de forma general el fundamento de cada uno de los modos de protección, así como sus condiciones de empleo. Posteriormente en otros artículos se examinarán aspectos de detalle relacionados con la normativa, reglamentos y selección de materiales.

**ORIGEN DEL INCENDIO O EXPLOSION**

Para que se produzca un incendio o explosión del tipo considerado, deben darse simultáneamente las siguientes condiciones:

- Presencia de una sustancia inflamable en condiciones normales o anormales de operación.
- Formación de una mezcla con el aire de concentración suficiente, es decir dentro de los límites de explosividad.
- Fuente de ignición eléctrica en contacto con dicha mezcla.

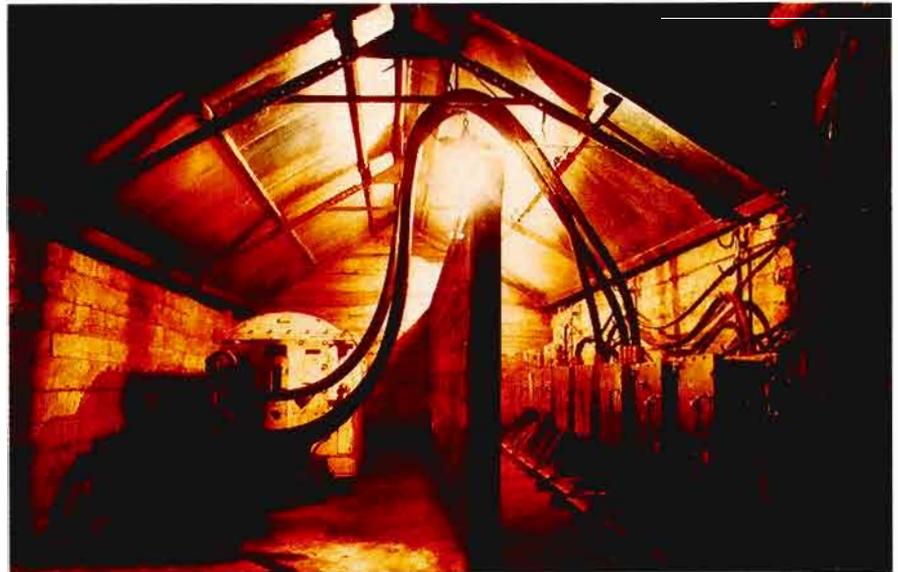
Las fuentes de ignición producidas por el equipo eléctrico pueden ser, **arcos o chispas eléctricas** que aparecen al interrumpir o establecer los circuitos eléctricos o en los defectos o cortocircuitos, **chispas mecánicas** causadas por el choque o roce de partes en movimiento de máquinas eléctricas, **superficies calientes** como consecuencia de la evacuación del calor producido en el funcionamiento normal o anormal de los aparatos eléctricos.

**CLASIFICACION DE LOS EMPLAZAMIENTOS Y LAS SUSTANCIAS**

En función de las características físicas de las sustancias inflamables manipuladas, los locales o emplazamientos se agrupan en Clases. En el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión se distinguen las tres clases siguientes.

**Clase I**

Son los lugares en los que existe un riesgo potencial de presencia de gases, vapores o nieblas inflamables, en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas inflamables.



**Clase II**

Son los emplazamientos en los que existe riesgo potencial de presencia de polvos combustibles.

**Clase III**

Son los emplazamientos en los que están o pueden estar presentes fibras fácilmente inflamables, pero no es probable que se encuentren en suspensión en el aire en cantidad suficiente para producir mezclas inflamables.

Las características de las sustancias inflamables que tienen interés en el comportamiento y la protección frente al riesgo de incendio o explosión, corresponden a las siguientes definiciones:

**Temperatura de inflamación.**

De una sustancia, sólida, líquida o gaseosa, es la menor temperatura a partir de la cual se inicia la combustión que se propaga a la totalidad de la mezcla. Depende del procedimiento de ensayo seguido para su determinación, lo que explica que se puedan encontrar valores diferentes en Manuales diversos. La Norma IEC 79-4 y la UNE-20325, describen un aparato y procedimiento de ensayo

**Ejemplos de algunas temperaturas de inflamación:**

Sustancia	Temperatura de inflamación
Butano . . . . .	365° C
Propano . . . . .	466° C
Hidrógeno . . . . .	560° C
Vapor de gasolina . . . . .	280° C
Vapor de gal-oil . . . . .	330° C
Sulfuro de carbono . . . . .	102° C
Nitrito de etilo . . . . .	90° C
Harina de trigo . . . . .	440° C

Sustancia	Temperatura de inflamación
Polvo de carbón . . . . .	620° C
Alfalfa . . . . .	530° C (480° C)
Azufre . . . . .	235° C
Almidón . . . . .	470° C
Polvo de aluminio . . . . .	645° C (585° C)
Azúcar . . . . .	350° C

**Límites de explosividad.**

Para toda mezcla de un gas o vapor con el aire, existe una concentración por debajo de la cual no es posible la inflamación. Asimismo existe una concentración máxima por encima de la cual, no se produce la propagación de la llama. Estos límites expresados en tanto por ciento de gas o vapor en aire se conocen como "límite inferior de explosividad" (LIE) y "Límite superior de explosividad" (LSE).

**Ejemplos:**

Sustancia	Límites de Explosividad
Hidrógeno . . . . .	(4 a 75)%
Bulano . . . . .	(1,5 a 8,5)%
Etileno . . . . .	(2,7 a 28,5)%
Propano . . . . .	(2,1 a 9,5)%
Gas natural . . . . .	(3 a 15)%
Acetileno . . . . .	(1,5 a 82)%

**Punto de Destello (Flash-Point)**

De un líquido, es la temperatura más baja, a partir de la cual produce en su superficie una cantidad de vapor suficiente para originar una mezcla inflamable.

**Ejemplos:**

Sustancia	Punto de Destello
Alcohol etílico . . . . .	12° C
Cloruro de alilo . . . . .	< 0° C
Cloruro de etilo . . . . .	< 0° C
Dimetilnitrina . . . . .	63° C
Eter butílico . . . . .	25° C
Gas-oil . . . . .	55° C

**Intersticio experimental máximo de seguridad (IEMS).**

Es el juego máximo entre las superficies que constituyen el camino de paso de los gases de combustión, a través del cual no se propaga la inflamación desde la cámara de ensayo normalizada a la atmósfera circundante. La longitud de las juntas en el equipo normalizado es de 25 mm.

Este concepto tiene interés en relación a las condiciones dimensionales de las envolventes antideflagrantes en función del gas o vapor, en cuya atmósfera debe instalarse dicha envolvente.

**Ejemplos:**

Sustancia	IEMS
Butano . . . . .	0,98 mm.
Propano . . . . .	0,92 mm.
Etileno . . . . .	0,65 mm.
Hidrógeno . . . . .	0,21 mm.
Metano . . . . .	1,14 mm.
Gas ciudad . . . . .	0,53 mm.

**Corriente mínima de inflamación (CMI)**

Es la relación entre la corriente mínima de la inflamación de la sustancia (gas o vapor), medida en un aparato normalizado, y la corriente mínima de inflamación del metano de laboratorio.

Este concepto tiene interés para la clasificación de las sustancias con vistas al empleo de equipos de seguridad intrínseca.

**CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS**

En función de la probabilidad de presencia de una mezcla explosiva, los emplazamientos se dividen del modo siguiente:

- Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y la Instrucción UNE 009, en División I y II.
- Según la publicación CEI 79-10 y la práctica de los principales países europeos, en ZONAS 0, 1 y 2. Están en curso trabajos de modificación de los textos oficiales españoles para incorporar el concepto de ZONAS en los mismos.

Las ZONAS mencionadas, tienen el siguiente significado:

**ZONA 0**

Áreas en las que está presente de forma continua una atmósfera explosiva de aire-gas, o su presencia es durante largos períodos.

**ZONA 1**

Áreas en las que puede estar presente una atmósfera explosiva de aire-gas en condiciones normales de operación.

**ZONA 2**

Áreas en las que no es probable que se produzca en condiciones normales de operación, una atmósfera explosiva aire-gas. En caso de ocurrir, sería durante un tiempo corto.

Entre las ZONAS y DIVISIONES se puede establecer la correspondencia aproximada siguiente:

DIVISION 1 = ZONA 0 + ZONA 1

DIVISION 2 = ZONA 2

La utilización del concepto ZONA es más apropiado, su denominación corresponde más al sentido de espacio o volumen que el término DIVISION, además la DIVISION 1 es excesivamente amplia. Por otro lado al tener que individualizar los lugares ZONA 0 se posee la información de base para realizar un análisis para minimizar los escapes.

**CLASIFICACION DEL EQUIPO ELECTRICO. GRUPOS Y MARCAS.**

Debido a las condiciones particulares de utilización y servicio, se han establecido dos grupos de material eléctrico protegido contra el riesgo de ignición de una atmósfera explosiva.

**Grupo I:**

Corresponde al equipo eléctrico protegido, apto para ser usado en Minas con grisú.

**Grupo II:**

Corresponde al equipo eléctrico protegido, previsto para ser utilizado en emplazamientos distintos de las Minas (es decir la industria en general).

Para el Grupo II, se ha desarrollado en los últimos años una amplia normativa internacional (CEI y CENELEC) que ha servido de base a las Normas Nacionales de la mayoría de países industrializados y en el caso del CENELEC a las de los países de la Comunidad Económica Europea (CEE), la ASOCIACION EUROPEA DE LIBRE CAMBIO (EFTA) y España. Ello ha producido una notable aproximación internacional en las espe-

cificaciones de los distintos modos de protección.

En lo relativo a los materiales del Grupo I, se ha avanzado menos, subsistiendo aún diferencias apreciables.

Un aspecto muy interesante de la unificación internacional es el mercado del material. Anteriormente cada país distinguía con un símbolo y (o) unas siglas, el material eléctrico protegido contra la inflamación de atmósferas potencialmente explosivas. Por ejemplo se pueden citar:

	Grupo I	Grupo II
- Alemania y Austria	Sch	Ex
- Bélgica	Ex	Ex
- España	AG	
- Francia	MS	AE

	Grupo I	Grupo II
- Reino Unido	FLP	Ex
- USA		UL FM FM

**Ejemplo:**

Se pueden citar los símbolos y siglas siguientes:

País	Grupo I	Grupo II
- Alemania y Austria		
- Bélgica	Ex	Ex
- Canadá		
- España	AG	
- Francia	MS	AE
- Holanda	Ex	Ex
- Italia	AD-PE	AD-PE
- Noruega		
- Reino Unido		
- Suiza		
- USA		

Como consecuencia de los trabajos de la Comisión Electrotécnica Internacional se ha adoptado.

Símbolo que deben llevar todos los aparatos eléctricos protegidos contra el riesgo de explosión Ex

## SEGURIDAD EN EL TRABAJO

De donde:

- Aparatos para el Grupo I - Símbolo ExI.
- Aparatos para el Grupo II - Símbolo ExII

En el caso de materiales que estén de acuerdo con las Normas Europeas (EN), redactadas por el CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnico), dichos símbolos son:

Para el Grupo I - Símbolo EExI.  
Para el Grupo II - Símbolo EExII.

Algunos modos de protección, hacen necesario una subdivisión del Grupo II, en los subgrupos IIA, IIB y IIC. En el caso de las "Envolventes Antideflagrantes" esta subdivisión está basada en el valor del IEMS (Intersticio Experimental Máximo de Seguridad).

En el caso de sistemas o circuitos de "Seguridad Intrínseca", la subdivisión se realiza con base a la "Relación CMI" (Relación Corriente Mínima de Inflamación). Los valores correspondientes a cada subdivisión están indicados en la tabla siguiente:

### SUBDIVISION DE GASES Y VAPORES SEGUN IEMS ó CMI

SUBDIVISION	A	B	C
IEMS (mm)	>0,9	0,5-0,9	<0,5
Relación CMI	>0,8	0,45-0,8	<0,45

En general es suficiente un solo valor para establecer la subdivisión correspondiente a una sustancia. Solo en aquellos casos en los que el valor obtenido está próximo a los límites establecidos, debe confirmarse el resultado hallando el otro valor.

En la tabla siguiente se da una serie de sustancias de la Clase I, en las que se ha realizado la subdivisión según el criterio a, b, c ó d, indicado en la última columna, cuyo significado es:

- a: Subdivisión a partir de IEMS.
- b: Subdivisión a partir del valor Relación CMI.
- c: Se ha determinado ambos, IEMS y CMI.
- d: Subdivisión por similitud de estructura química con otras sustancias determinadas (subdivisión provisional).

### SUBDIVISION DE GASES Y VAPORES SEGUN SU INTERSTICIO EXPERIMENTAL MAXIMO DE SEGURIDAD Y SEGUN SU CORRIENTE MINIMA DE INFLAMACION

#### SUBDIVISION A

##### 1. HIDROCARBUROS:

##### ALKANOS:

Metano	CH <sub>4</sub>	c
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	c
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	c
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	c
Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	c
Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	c
Heptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	c
Octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	a
Nonano	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	d
Decano	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	a
Ciclobutano	CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	d
Ciclopentano	CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>	a
Ciclohexano	CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>2</sub>	c
Cicloheptano	CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>2</sub>	d
Metilciclobutano	CH <sub>3</sub> CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	d
Metilciclopentano	CH <sub>3</sub> CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>	d
Metilciclohexano	CH <sub>3</sub> CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>2</sub>	d
Etilciclobutano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	d
Etilciclopentano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>	d
Etilciclohexano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>2</sub>	d
Decahidronaftaleno (Decalina)	CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CHCH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>	d

##### ALKENOS:

Propeno (Propileno)	CH <sub>3</sub> CH = CH <sub>2</sub>	a
---------------------	--------------------------------------	---

##### HIDROCARBUROS AROMATICOS:

Estireno	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH = CH <sub>2</sub>	b
Metilestireno	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C(CH <sub>3</sub> ) = CH <sub>2</sub>	a

##### HIDROCARBUROS BENCENICOS:

Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	c
Tolueno	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	d
Xileno	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	a
Etilbenceno	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	d
Trimetilbenceno	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	d
Naftaleno	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	d
Cumeno	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	d
Cimeno	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	d

## SUBDIVISION A (sigue)

HIDROCARBUROS MEZCLADOS			ESTERES		
Metano (industrial)		a	Formiato de metilo	H COO CH <sub>3</sub>	a
Trementina		d	Formiato de etilo	H COO C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	a
Nafta de petróleo		d	Acetato de metilo	CH <sub>3</sub> COO CH <sub>3</sub>	c
Nafta de hulla		d	Acetato de etilo	CH <sub>3</sub> COO C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	a
Petróleo		d	Acetato de propilo	CH <sub>3</sub> COO C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	a
Fuel Oil		d	Acetato de butilo	CH <sub>3</sub> COO C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	c
Keroseno		d	Acetato de amilo	CH <sub>3</sub> COO C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	d
Gas-oil		d	Metacrilato de metilo	CH <sub>2</sub> = C (CH <sub>3</sub> ) COOCH <sub>3</sub>	a
Benzol para motores		a	Metacrilato de etilo	CH <sub>2</sub> = C (CH <sub>3</sub> ) COOCH <sub>5</sub>	d
			Acetato de vinilo	CH <sub>3</sub> COOCH = CH <sub>2</sub>	a
			Acetilacetato de etilo	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	a
<b>2. COMPUESTOS CONTENIENDO OXIGENO.</b>			ACIDOS		
OXIDOS (comprendiendo ETERES).			Acido acético	CH <sub>3</sub> COOH	b
Monóxido de carbono	CO	c	<b>3. COMPUESTOS CONTENIENDO HALOGENOS</b>		
Eter dipropílico	(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> O	a	COMPUESTOS SIN OXIGENO		
ALCOHOLES Y FENOLES			Clorometano	CH <sub>3</sub> Cl	a
Metanol	CH <sub>3</sub> OH	c	Cloroetano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	b
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	c	Brometano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Br	d
Propanol	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	c	Cloropropano	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> Cl	a
Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	a	Clorobutano	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> Cl	a
Pentanol	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	a	Bromobutano	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> Br	d
Hexanol	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> OH	a	Dicloroetano	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	a
Heptanol	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> OH	d	Dicloropropano	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	d
Octanol	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> OH	d	Clorobenceno	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	d
Nonanol	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> OH	d	Cloruro de bencilo	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> Cl	d
Ciclohexanol	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH OH	d	Diclorobenceno	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	d
Metilciclohexanol	CH <sub>3</sub> CH (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH OH	d	Cloruro de alilo	CH <sub>2</sub> = CHCH <sub>2</sub> Cl	d
Fenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	d	Dicloroetileno	CHCl = CHCl	a
Cresol	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH	d	Cloroetileno		
Diacetona - alcohol	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C (OH) CH <sub>2</sub> CO CH <sub>3</sub>	d	(Cloruro de vinilo)	CH <sub>2</sub> = CHCl	c
ALDEHIDOS:			Trifluoruro de bencilo	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CF <sub>3</sub>	a
Aldérido acético	CH <sub>3</sub> CHO	a	Cloruro de metileno	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	d
Metaldérido	(CH <sub>3</sub> CHO) <sub>n</sub>	d	COMPUESTOS CONTENIENDO OXIGENO		
CETONAS:			Cloruro de acetyl	CH <sub>3</sub> COCl	d
Acetona	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	c	Cloroetanol	CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> OH	d
Etil-Metil-Cetona	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CO CH <sub>3</sub>	c	<b>4. COMPUESTOS CONTENIENDO AZUFRE</b>		
Propil-Metil-Cetona	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> CO CH <sub>3</sub>	a	Etil-mercaptano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	c
Butil-Metil-Cetona	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> CO CH <sub>3</sub>	a	Propil-mercaptano	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> SH	a
Amil-Metil-Cetona	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> CO CH <sub>3</sub>	d			a
2,4-Pentanodiona (acetilácetona)	CH <sub>3</sub> CO CH <sub>2</sub> CO CH <sub>3</sub>	a	Tiofeno	CH = CH CH = CHS	a
Ciclohexanona	CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO	a	Tetrahidrotiofeno	CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> S	a

**SEGURIDAD EN EL TRABAJO**
**SUBDIVISION A (sigue)**

5. COMPUESTOS CONTENIENDO NITROGENO					
Amoniaco	$NH_3$	a	Propilamina	$C_3H_7NH_2$	d
Acetonitrilo	$CH_3CN$	a	Butilamina	$C_4H_9NH_2$	c
Nitrito de etilo	$CH_3CH_2ONO$	a	Cicloexilamina	$CH_2(CH_2)_4CHNH_2$	d
Nitrometano	$CH_3NO_2$	d	Mono-etanolamina	$NH_2CH_2CH_2OH$	d
Nitroetano	$C_2H_5NO_2$	d	Dietilaminoetanol	$(C_2H_5)_2NCH_2CH_2OH$	d
AMINAS			Diaminoetano	$NH_2CH_2CH_2NH_2$	a
Metilamina	$CH_3NH_2$	a	Anilina	$C_6H_5NH_2$	d
Dimetilamina	$(CH_3)_2NH$	a	Dimetilalanina	$C_6H_5N(CH_3)_2$	d
Trimetilamina	$(CH_3)_3N$	a	Anfetamina	$C_6H_5CH_2CH(NH_2)CH_3$	d
Dietilamina	$(C_2H_5)_2NH$	d	Tolidina	$CH_3C_6H_4NH_2$	d
Trietilamina	$(C_2H_5)_3N$	d	Piridina	$C_5H_5N$	d

**SUBDIVISION B**

1. HIDROCARBUROS					
Alileno (Propin)	$CH_3C = CH$	b	Tioxano	$CH_2OCH_2OCH_2O$	b
Etileno	$C_2H_4$	c	Ester butílico del ácido hidroxiacético	$HOCH_2COCC_4H_9$	a
Ciclopropano	$CH_2CH_2CH_2$	b	Alcohol tetrahidroturfurílico	$CH_2CH_2CH_2OCHCH_2OH$	d
Butadieno	$CH_2 = CHCH = CH_2$	c	Acrilato de metilo	$CH_2 = CHCOOCH_3$	a
2. COMPUESTOS CONTENIENDO NITROGENO			Acrilato de etilo	$CH_2 = CHCOOC_2H_5$	a
Acrlonitrilo	$CH_2 = CHCN$	c	Furano	$CH = CHCH = CHO$	a
Nitrato de isopropilo	$(CH_3)_2CHONO_2$	b	Aldéido crotonico	$CH_3CH = CHCHO$	a
Acido cianhidrico	$HCN$	a	Acroleina	$CH_2 = CHCHO$	a
COMPUESTO CONTENIENDO OXIGENO			Tetrahidrofurano	$CH_2(CH_2)_2CH_2O$	a
Eter metílico	$(CH_3)_2O$	c	4. MEZCLAS		
Etil metil éter	$CH_3OC_2H_5$	d	Gas de horno de coque		d
Eter etílico	$(C_2H_5)_2O$	c	5. COMPUESTOS CONTENIENDO HALOGENOS		
Eter butílico	$(C_4H_9)_2O$	c	Tetrafluoretileno	$C_2F_4$	a
Oxido de etileno (epoxietano)	$CH_2CH_2O$	c	Propano, 1 cloro, 2.3. epoxi (epicloridrina)	$OCH_2CHCH_2Cl$	a
Epoxi-propano	$CH_3CHCH_2O$	c			
Dioxolano	$CH_2CH_2OCH_2O$	d			
Dioxano	$CH_2CH_2OCH_2CH_2O$	a			

**SUBDIVISION C**

Hidrógeno	$H_2$	c			
Acetileno	$C_2H_2$	c			
Bisulfuro de carbono	$CS_2$	c			
Nitrato de etilo	$C_2H_5ONO_2$				

## TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMA

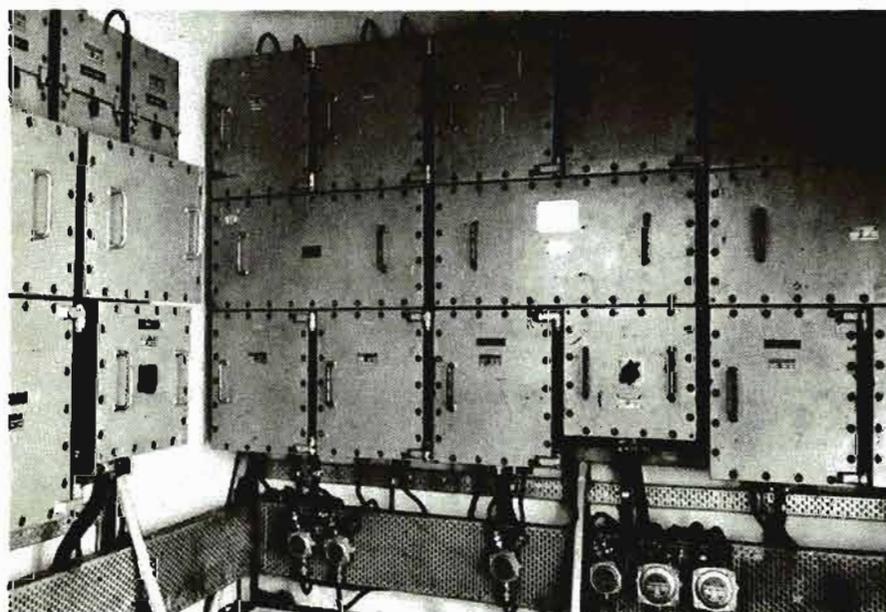
Como se ha mencionado anteriormente, una de las causas de ignición originada por el equipo eléctrico es el contacto de la atmósfera explosiva de aire-gas (o sustancias explosivas de las Clases II y III) con partes de dicho equipo que estén a temperatura suficientemente elevada.

Así pues, es necesario conocer la temperatura de inflamación por contacto con una superficie caliente de las sustancias que vayamos a emplear y la temperatura superficial máxima de los aparatos eléctricos en las condiciones específicas para cada modo de protección en las respectivas Normas.

Los aparatos del GRUPO II se han dividido en seis "Clases de Temperatura", según la temperatura máxima alcanzada por las superficies calientes que pueden inflamar la atmósfera explosiva circundante.

Clase de Temperatura	Temperatura Superficial Máxima	Temperatura de Ignición de la sustancia inflamable de la Clase I
T1	450° C	> 450° C
T2	300° C	> 300° C
T3	200° C	> 200° C
T4	135° C	> 135° C
T5	100° C	> 100° C
T6	85° C	> 85° C

Cuadro de distribución Antidellagrante



En la última columna de la tabla anterior se ha indicado el criterio de coordinación entre la Temperatura Superficial Máxima del Equipo y la Temperatura de Ignición para las sustancias de la Clase I.

En las sustancias de las Clases II y III, la temperatura de inflamación por contacto depende además del aparato de ensayo y del método empleados, de la duración del mismo y de las condiciones: "inflamación en nube" o "inflamación en capa" y aún en este último caso del espesor de la capa de polvo en contacto con la superficie caliente. Generalmente la temperatura de "inflamación en capa" da el menor valor de temperatura y esta se reduce al aumentar el espesor de la capa de polvo inflamable depositado.

Por estos motivos debe tomarse un margen de seguridad entre la temperatura de inflamación de las sustancias de las Clases II y III y la temperatura superficial máxima del equipo eléctrico.

Este margen puede llegar a ser de unos 50° C y para capas de algunos centímetros, el margen necesario puede ser de unos 75° C.

## MODOS DE PROTECCION

Constituyen el conjunto de técnicas que han ido desarrollándose a lo largo de los años, en distintos países y que en virtud de la cooperación internacional promovida por la CEI han obtenido aceptación internacional.

Las envolventes antideflagrantes deben cumplir con una serie de condiciones dimensionales, satisfacer determinados ensayos de explosión y soportar una sobrepresión del 150% del valor de la máxima presión obtenida durante los ensayos de explosión.

Al no existir ninguna restricción respecto al tipo de material eléctrico contenido, aceptándose aquél que produce chispas o arcos en funcionamiento normal, este modo de protección posee las máximas posibilidades de aplicación.

A continuación, se describen los distintos modos de protección, sus características fundamentales y sus aplicaciones típicas, así como las limitaciones prácticas de empleo.

### Envolvente Antidellagrante (Símbolo "d")

Es un modo de protección en el cual todas las partes del equipo que pueden inflamar una atmósfera explosiva, están alojadas en una envolvente capaz de resistir la presión desarrollada por la explosión de una mezcla explosiva. Asimismo la envolvente es capaz de impedir la transmisión de la explosión a la mezcla explosiva circundante, a través de las juntas o cualquier abertura en la envolvente.

Alumbrado Antidellagrante.



### **Seguridad Aumentada (Símbolo "e")**

Este modo de protección, consiste en tomar una serie de medidas que incrementen la seguridad frente a la posibilidad de que se originen chispas o arcos, o temperaturas excesivas, en aparatos que no las producen en funcionamiento normal.

Las medidas indicadas, consisten principalmente en aumentar las distancias de aislamiento al aire y superficiales, empleo de materiales aislantes con elevada resistencia al contorneo, diseño de los bornes de conexión con dispositivos que impidan su alojamiento por dilataciones o vibraciones, sobredimensionamiento de los conductores y circuitos magnéticos con vistas a reducir las pérdidas y como consecuencia la temperatura del trabajo de los aislamientos, etc.

El modo de protección "Seguridad Aumentada" es particularmente apropiado para motores de inducción, algunos tipos de luminarias (fluorescentes con tubos de cátodo frío y lámparas de incandescencia o mezcla), amperímetros y cajas de derivación.

### **Seguridad Intrínseca (Símbolo "i")**

Se definen como aparatos y más propiamente circuitos de Seguridad Intrínseca aquellos en los que cualquier chispa o efecto térmico que se origine en condiciones normales (esto es, apertura y cierre de circuitos) o en condiciones específicas de fallo (ejemplos: cortacircuitos o defectos a tierra), son incapaces de inflamar una mezcla explosiva determinada bajo condiciones de ensayo específicas.

Este modo de protección es apropiado para instrumentación, comunicaciones y otros equipos eléctricos de baja potencia.

Las Normas actuales definen dos categorías de aparatos de seguridad intrínseca, según el número de faltas tenidas en cuenta en el análisis y ensayo del aparato. Estas dos categorías se simbolizan  $i_a$  e  $i_b$ , siendo la primera la que posee un nivel de seguridad más elevado ya que se especifica el ensayo o análisis con dos faltas simultáneas, mientras que la  $i_b$  prevé una.

### **Presurización (Símbolo "p").**

Consiste en impedir la entrada de la atmósfera exterior, la cual puede ser explosiva, en el interior de la envolvente que contiene los aparatos eléctricos. Esto se consigue mediante el empleo de aire limpio, gas inerte u otro gas no

inflamable, bajo una presión relativa como mínimo de 5 mm. de columna de agua en los puntos de escape.

Para obtener la seguridad prevista, es necesario monitorizar el mantenimiento de la sobrepresión así como efectuar un lavado previo mediante la circulación de un volumen de fluido de presurización de unas 5 veces el volumen de la envolvente y las canalizaciones antes de la puesta en tensión después de una parada, con objeto de eliminar la atmósfera explosiva que hubiera podido penetrar en la envolvente.

Esta protección no impone condiciones especiales al equipo eléctrico, por dicho motivo presenta un elevado grado de flexibilidad de aplicación. Sin embargo la necesidad de disponer, distribuir y monitorizar el fluido de presurización, así como los automatismos de puesta en marcha, suponen unos handicaps económicos y técnicos importantes si se compara con otros modos de protección, p.e. Exd y Exe.

Con todo esto, este modo de protección se emplea justificadamente en algunos casos como pupitres, armarios que contienen instrumentación y circuitos de fuerza, inclusive, en salas de control.

También se utiliza este modo de protección en grandes máquinas rotativas, aprovechando el fluido de sobrepresión en la mejora de la evacuación de las pérdidas.

### **Inmersión en aceite (Símbolo "o")**

Los aparatos eléctricos en los que pueden producirse arcos o chispas, están sumergidos en aceite bajo un nivel apropiado para evitar la inflamación de una mezcla explosiva que esté en contacto con la superficie del aceite.

Esta técnica está prácticamente en desuso, incluso en algunos países existen restricciones para su empleo.

### **Relleno con arena (Símbolo "q")**

También denominado protección por aislamiento pulverulento. En estos aparatos y de modo similar a la protección "o" el equipo eléctrico está sumergido en un contenedor, el cual es relleno posteriormente con arena de cuarzo con unas distancias a la superficie y a masa tales que si se produce un arco interno según unas condiciones especificadas, este arco es incapaz de inflamar la mezcla explosiva exterior, ya sea por transmisión de la llama o por sobrecalentamiento de las paredes del contenedor.

La aplicación de modo de protección es muy limitada, se pueden citar por ejemplo: Transformadores, Condensadores y Resistencias de arranque o de puesta a tierra.