

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**INSTALACIONES ELECTRICAS
EN AREAS QUIMICAS**



T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO**

**P r e s e n t a
JORGE FRANCISCO MORA HERNANDEZ**

México D. F.

1977



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tesis 1977

NO _____
ECHA _____
PROC _____
S _____

285



A MI MADRE

A LA MEMORIA DE
MI PADRE.

A
JUANITA (PERLITA)
MI ESPOSA

A
JORGE Y GEORGINA
MIS HIJOS.

A

IGNACIO

MANUEL

LUIS

MIS HERMANOS

A

MIS AMIGOS

QUE CREYERON

QUE LLEGARIA.

AGRADEZCO A LOS SRES. INGENIEROS :

VICTOR PEREZ AMADOR
ERIK MAISNER SEIDEL
TOMAS FARGAS IGLESIAS.

EL HABER REVISADO ESTE TRABAJO Y SUS -
OBSERVACIONES OPORTUNAS QUE LE DAN VALI--
DEZ AL MISMO.

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA :

| | | |
|---------------|---|--------------------------------|
| PRESIDENTE | : | PROF. VICTOR PEREZ AMADOR . |
| VOCAL | : | PROF. ERIK MAISNER SEIDEL . |
| SECRETARIO | : | PROF. TOMAS FARGAS IGLESIAS |
| 1er. SUPLENTE | : | PROF. MA. EUGENIA NOGUEZ AMAYA |
| 2do. SUPLENTE | : | PROF. ENRIQUE CURIEL REYNA . |

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA : FACULTAD DE QUIMICA.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE :

JORGE FRANCISCO MORA HERNANDEZ.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:

ING. VICTOR PEREZ AMADOR.

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- GENERALIDADES
 - 2.1) Necesidad de instalaciones eléctricas, económicas y seguras.
 - 2.2) Gases, vapores y líquidos inflamables.
 - 2.3) Mecanismos de Ignición .
 - 2.4) Polvos Inflamables -
 - 2.5) Algunas Fuentes de Ignición .
- 3.- CLASES Y LIMITES DE AREAS PELIGROSAS.
 - 3.1) El Código Nacional Eléctrico (NATIONAL ELECTRICAL CODE).
 - 3.2) Codificación NEMA -
 - 3.3) Clasificación de Areas .
 - 3.4) Extensión de Areas Peligrosas .
- 4.- EQUIPO ELECTRICO PARA AREAS PELIGROSAS.
 - 4.1) Blindaje a Prueba de Explosión.
 - 4.2) Selección y Aplicación del Equipo .
 - A) Tableros y Controles Industriales.
 - B) Unidades de Alumbrado
 - C) Contactos y Clavijas

D) Registros para conexiones.

E) Motores y generadores .

4.3) Metodos y Materiales de Alumbrado.

A) Conduits y accesorios.

B) Cables con aislamiento mineral.

C) Cable armado -

D) Sellos para sistemas conduit .

5.- SISTEMAS A PRESION.

6.- EQUIPO INTRINSECAMENTE SEGURO.

7.- CONCLUSIONES

8.- APENDICE

8.1) Extinción de fuegos en equipo eléctrico.

9.- BIBLIOGRAFIA

1.- INTRODUCCION .

Las instalaciones eléctricas son, de los servicios de una planta, lo que quizá se descuida más, ya sea porque se proyectó muy limitado ó porque se empleo equipo fuera de especificación ó por ambas cosas. Esto trae como consecuencia pérdidas por paros frecuentes en la producción y en ocasiones por accidentes en los que por desgracia no es raro lamentar la pérdida de vidas humanas.

El ingeniero químico, está en posición de influir en la decisión de un proyecto eléctrico para una planta y muchas veces no expresa su opinión por desconocimiento de lo que se requiere en cada caso para tener una planta en la que se esté laborando con un máximo de seguridad; lo que redituaría en beneficio tanto de la empresa como de los trabajadores que en ella laboran.

El equipo eléctrico, para uso industrial es de lo más variado y se necesita siempre la intervención de un ingeniero eléctricista para tener lo más adecuado. Sin embargo el ingeniero químico debe conocer el equipo, para no ordenar sustituciones ó ampliaciones con equipo que haría funcionar mal todo el sistema eléctrico: es decir por una sustitución indebida puede hacerse insegura una instalación que originalmente fué bien proyectada.

La labor conjunta del ingeniero químico y del ingeniero eléctricista da como resultado que se traten como peligrosas las áreas que efectivamente lo son y en las que no sea necesario, desde el punto de vista químico, emplear equipo no tan especializado lo cual, desde luego abatiría el costo.

El objeto de este trabajo es exponer brevemente los lineamientos principales que deben observarse en las instalaciones eléctricas en áreas peligrosas, específicamente en la industria de procesos químicos, mismos en que un ingeniero químico debe fijar su atención para poder exigir lo más conveniente para su planta, en particular desde el punto de vista de la selección del equipo eléctrico adecuado de acuerdo con las características de la atmósfera que lo rodeara, consecuencia ésto de las sustancias químicas, tales como disolventes, gases, etc, que se manejen. No se consideran los problemas de cálculo de instalaciones eléctricas como podría ser; selección de calibres de conductores, capacidad de interruptores etc, por considerar que los problemas que plantea la clasificación de áreas peligrosas y la selección del equipo adecuado para ellas integran por sí mismos una especialidad.

2.- GENERALIDADES . EN ODA PLANTA QUÍMICA

2.1. NECESIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS, ECONOMICAS Y SEGURAS .

Cada día aumenta las plantas de proceso químico ó se amplian las ya existentes, esto trae como consecuencia también un aumento en la demanda de instalaciones eléctricas lo que implica pensar en la utilización y construcción de las instalaciones en plantas donde se manejan disolventes y otros materiales que representan una peligrosidad en su manejo.

Cuando se realizan instalaciones en estas áreas, si pensamos en la seguridad, es necesario observar determinadas normas y delimitar las áreas para seleccionar para cada una el equipo adecuado de acuerdo con sus características. No solamente desde el punto de vista de la seguridad sino también económicamente hablando es necesario hacer esta selección del equipo para cada área.

Ordinariamente el equipo eléctrico puede ser causa de explosiones en áreas donde se encuentran líquidos, gases ó polvos inflamables.

Tales áreas requieren equipos apropiados para el peligro.

- a) A prueba de explosión (para gases y vapores).
- b) A prueba de polvos ignicibles (para polvos).
- c) Que no producen chispa (para áreas ventiladas).
- d) Purgados y presurizados -
- e) Intrínsecamente seguros -

Cada tipo de los anteriores tiene ventajas y desventajas y no hay un tipo que resuelva el problema para cualquier situación, sino que se hace necesario pensar en cada caso en particular.

2.2. GASES, VAPORES Y LIQUIDOS INFLAMABLES.

Todos los gases ó vapores inflamables tienen un rango de concentración en aire dentro del cual puede ocurrir una explosión. Si la concentración está fuera de este rango explosivo, la mezcla será demasiado rica ó demasiado pobre para incendiarse. Por lo que la dilución de vapores por abajo del límite inferior explosivo, por medio de convección natural ó ventilación forzada ofrece protección contra una explosión.

Las propiedades de interés primario desde el punto de vista de la ignición son :

- a) Densidad de vapor.
- b) Límite inferior de explosión de la mezcla aire - vapor ó aire - gas.
- c) Volatilidad -
- d) Punto de evaporación instantánea (flash point).
- e) Temperatura de ignición.
- f) Energía de ignición.

Si se tiene una área rica en oxígeno tiende a ampliar se el rango explosivo. En una atmósfera de puro oxígeno muchos materiales que ordinariamente no son inflamables arden vigorosamente. El equipo eléctrico que es seguro en mezclas de combustible y aire no será necesariamente seguro en mezclas de combustible y aire enriquecido con oxígeno.

La tabla 2.2.1. da los límites explosivos así como algunas propiedades de ignición de algunos productos químicos comúnmente empleados en las industrias de proceso químico (2).

Teóricamente un líquido inflamable no es tan peligroso como un gas inflamable. Cuando un líquido inflamable se derrama no se tiene una área peligrosa hasta que gran parte de él se ha evaporado; es decir hasta que el aire alcanza la concentración de vapor marcada por el límite inferior explosivo de la mezcla aire-vapor. Cuando, sin embargo, un gas inflamable se libera el área se vuelve peligrosa inmediatamente. Desde luego un líquido muy volátil alcanzará antes la concentración de vapor del límite inferior = explosivo. El punto de evaporación instantánea de un líquido inflamable es la temperatura en la cual el líquido produce suficientes vapores como para formar una mezcla inflamable. Esta mezcla corresponde al límite inferior explosivo. Desde luego un líquido muy volátil y con un punto de evaporación instantánea (flash point) bajo se aproxima mucho a un gas inflamable.

Un líquido combustible con un punto de evaporación instantánea superior a 200°F no se considera muy peligroso. Sin embargo si se manejara a temperaturas arriba de su punto de evaporación instantánea sus vapores serán inflamables y requerirá precaución en su manejo. Ordinariamente no se requiere de equipo eléctrico especial para líquidos combustible, frios clase III b (Tabla 2.2.2.).

T A B L A 2.2.1.

SUBSTANCIAS PELIGROSAS EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA .

| Substancia | Punto de Evaporación Instantánea ° F | Temperatura de Ignición ° F | Límites Explosivos Por Ciento En Volumen | | Densidad De Vapor (Aire = Uno) |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|--|----------|-----------------------------------|
| | | | Inferior | Superior | |
| Acetaldehyde | -36 | 365 | 4 | 57 | 1.52 |
| Acetic acid (Glacial) | 104 | 800 | 4.0 | | 2.07 |
| Acetic Anhydride | 121 | 600 | 2.67 | 10.13 | |
| Acetone | 0 | 1000 | 2.55 | 12.8 | 2.00 |
| Acetyl Chloride | 40 | | | | 2.70 |
| Acetylene | Gas | 635 | 2.5 | 80 | .91 |
| Acrolein | <0 | 532 | | | 1.91 |
| Allyl Alcohol | 7 | 713 | 3.0 | 18.0 | 2.00 |
| Ammonia (Anhydrous.) | Gas | 1204 | 16 | 25 | 0.587 |
| Amyl Acetate (pure) | 77 | 750 | 1.1 | | 4.49 |
| Amyl Alcohol | 94 | 650 | | | 3.04 |
| Aniline | 168 | 1000 | | | 3.22 |
| Anthracene | 250 | 881 | 0.63 | | 6.15 |
| Benzonitrile | >80 | | | | |
| Benzene | 12 | 1000 | 1.5 | 8.0 | 2.77 |
| Benzine | 0 or less | | 1.1 | 4.8 | 4.48 |
| Benzyl Chloride | 153 | 1161 | 1.1 | | 4.36 |
| Bronzing Liquid | May be <80 | | | | |
| Butane - n | -76 | 806 | 1.6 | 6.5 | 2.016 |
| Butyl Acetate - n | 72 | 790 | 1.7 | 15 | 4.00 |
| Butyl Alcohol - n | 84 | 650 | 1.7 | 18 | 2.55 |
| Camphor | 150 | 871 | | | 5.24 |
| Camphor Oil (light) | 117 | | | | |
| Carbon Disulfide | -22 | 212 | 1.0 | 50 | 2.61 |
| Carbon Monoxide | Gas | 1201 | 12.5 | 74 | 0.967 |
| Carbon Remover, Liquid | <80 | | | | |
| Carnauba Wax | 5-10 | | (Note: Melting point 185°) | | |
| Castor Oil | 445 | 840 | | | |
| Cellosolve | 104 | 460 | 2.6 | 15.7 | 3.10 |
| Chlorobenzene | 85 | 1100 | 1.8 | 9.6 | 3.88 |
| Cleaning Solvents of Kerosene Class | 100-110 | 450 | 1.1 | 6.0 | |
| Collection | 0 or less | | | | |
| Cresote Oil | 165 | 637 | | | |

CONTINUA

| Substancia | Punto de Evaporación Instantánea °F | Temperatura de Ignición °F | Límites Explosivos Por Ciento En Volumen | | Densidad D _v Vapor (Aire = Uno) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--|----------|--|
| | | | Interior | Superior | |
| Cyanamide | 285 | ..... | ..... | ..... | 1.45 |
| Cyclohexane | 1 | 514 | 1.31 | 8.35 | 2.90 |
| Cyclopropane | Gas | 928 | 2.40 | 10.4 | 1.45 |
| Denatured Alcohol | 60 | 750 | ..... | ..... | 1.60 |
| Dibutyl Ether-n | 77 | 382 | ..... | ..... | 4.48 |
| Dichloroethylene | 57 | 856 | 5.6 | 11.4 | 3.35 |
| Di-nitro Choro-benzene | 382 | ..... | 1.97 | 22 | 6.98 |
| Dioxan | 54 | 356 | 1.97 | 22.2 | 3.03 |
| Divinyl Ether | < -22 | 680 | 1.85 | 36.5 | 2.41 |
| Dodecane | 165 | 993 | 0.6 | ..... | 5.86 |
| Ethane | Gas | 950 | 3.2 | 12.5 | 1.035 |
| Ethyl Acetate | 24 | 800 | 2.2 | 11.5 | 3.04 |
| Ethyl Alcohol | 55 | 793 | 3.5 | 19 | 1.59 |
| Ethyl Chloride | -58 | 966 | 3.7 | 12.0 | 2.22 |
| Ethylene | Gas | 842 | 2.75 | 28.6 | 0.975 |
| Ethylene Glycol | 232 | 775 | 3.2 | ..... | 2.14 |
| Ethylene Oxide | <0 | 804 | 3.0 | 80 | 1.52 |
| Ethyl Ether | -49 | 356 | 1.85 | 36.5 | 2.56 |
| Ethyl Formate | -4 | 1071 | 2.75 | 16.4 | 2.55 |
| Ethyl Mercaptan | <80 | 570 | 2.8 | 18.2 | 2.11 |
| Ethyl Methyl Ether | -35 | 374 | 2.0 | 10.1 | 2.07 |
| Ethyl Methyl Ketone | 30 | 960 | 1.81 | 11.5 | 2.48 |
| Ethyl Nitrate | 50 | ..... | 3.8 | ..... | 3.14 |
| Ethyl Nitrite | -31 | 194 | 3.0 | >50 | 2.59 |
| Formaldehyde | 130 | 806 | 7.0 | 73 | 1.03 |
| Fuel Oil No. 1 | 100 Minimum | 490 | ..... | ..... | ..... |
| Fuel Oil No. 2 (Diesel) | 100 Minimum | 494 | ..... | ..... | ..... |
| Furfural | 140 | 600 | 2.1 | ..... | 3.31 |
| Gas, Coal . . . . . | ..... | 1200 | 5.3 | 31 | ..... |
| Gas, Natural . . . . . | ..... | ..... | 4.8 | 13.5 | ..... |
| Gasoline | -45 | 495 | 1.3 | 6.0 | 3.4 |
| Glycerine | 320 | 739 | ..... | ..... | 3.17 |

| Substancia | Punto de Evaporación Instantánea °F | Temperatura de Ignición °F | Límites Explosivos Por Ciento En Volumen | | Densidad Ds Vapor (Aire = Uno) |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--|----------|--------------------------------|
| | | | Inferior | Superior | |
| Heptane - n | 25 | 452 | 1.4 | 7.2 | 3.45 |
| Hexane - n | -15 | 500 | 1.2 | 6.90 | 2.97 |
| Hydrazine . . . . . | ..... | 518 | ..... | ..... | 1.1 |
| Hydrocyanic Acid | 0 | 1000 | 6 | 40 | 0.932 |
| Hydrogen | Gas | 1085 | 4.1 | 74.2 | 0.069 |
| Hydrogen Sulfide | Gas | 500 | 4.3 | 46 | 1.189 |
| Kerosene | 100-165 | 490 | 1.16 | 6.0 | 4.5 |
| Lacquer | 0-80 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Lactol Spirits | 7 or less | 590 | ..... | ..... | ..... |
| Lanolin | 460 | 833 | ..... | ..... | ..... |
| Lard Oil (Commercial) | 363 | 650 | ..... | ..... | ..... |
| Lead Tetramethyl . . . . . | ..... | ..... | 1.8 | ..... | 0.20 |
| Leather Cement | 0 or less | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Leather Dressing | <80 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Linseed Oil, raw | 432 | 650 | ..... | ..... | ..... |
| Liquid Metal Polish | <80 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Metalehyde | 97 | ..... | ..... | ..... | 6.06 |
| Methyl Chloride | 11 | ..... | 3.2 | 8.1 | 3.1 |
| Methane | Gas | 999 | 5.3 | 14.0 | 0.554 |
| Methyl Acetate | 14 | 850 | 4.1 | 13.9 | 2.56 |
| Methyl Alcohol | 52 | 867 | 6.0 | 36.5 | 1.11 |
| Methyl Chloride | Gas | 1170 | 8.0 | 19 | 1.78 |
| Methyl Cyclohexane | 25 | ..... | 1.15 | ..... | 3.38 |
| Methyl Ether | -42 | 662 | 3.45 | 18.1 | 1.59 |
| Methyl Formate | -2 | 810 | 4.5 | 22.7 | 2.07 |
| Methyl Salicylate | 214 | 850 | ..... | ..... | 5.24 |
| Mustard Oil | 115 | ..... | ..... | ..... | 3.42 |
| Naphtha, High Flash | 100-110 | 900-950 | ..... | ..... | ..... |
| Naphtha, Solvent | 100-110 | 450-500 | 1.1 | 6.0 | ..... |
| Naphthalene | 176 | 1638 | 0.9 | 5.9 | 4.42 |
| Nicotine . . . . . | ..... | 471 | 0.75 | 4.0 | 5.61 |
| Nitrobenzol | 190 | 900 | 1.8 | ..... | 4.25 |
| Nitrocellulose | 40 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Nitroglycerine | Exploides | 518 | ..... | ..... | 7.84 |
| Nonane - n | 88 | 545 | 0.74 | 2.9 | 4.41 |

| Substancia | Punto de Evaporación Instantánea °F | Temperatura de Ignición °F | Límites Explosivos Por Ciento En Volumen | | Densidad D _s Vapor (Aire = Uno) |
|------------------------------|--|--|--|----------|--|
| | | | Inferior | Superior | |
| Octane | 60 | 450 | .84 | 3.2 | 3.86 |
| Oleic Acid | 372 | 685 | .... | .... | .... |
| Olive Oil | 437 | 650 | .... | .... | .... |
| Paint Eradicator | 0-80 | .... | .... | .... | .... |
| Paint, Liquid | 0-80 | .... | .... | .... | .... |
| Paraffin Wax | 390 | 473 | .... | .... | .... |
| Paraldehyde | 63 | 460 | 1.3 | .... | 4.55 |
| Parting Liquid | <80 | (Note: Properties of parting liquids vary) | .... | .... | .... |
| Pentane | <-40 | 588 | 1.45 | 7.5 | 2.48 |
| Petroleum, Crude | 20-90 | .... | .... | .... | .... |
| Phenol | 175 | 1319 | .... | .... | 3.21 |
| Phthalic Anhydride | 305 | 1083 | 1.7 | 10.4 | 5.10 |
| Picric Acid | Explodes | <572 | .... | .... | 7.90 |
| Propane | Gas | 871 | 2.37 | 9.5 | 1.56 |
| Propyl Acetate-n | 58 | 842 | 1.77 | 8.0 | 3.52 |
| Propyl Alcohol-n | 59 | 700 | 2.15 | 13.5 | 2.07 |
| Propyl Chloride-n | <0 | .... | 2.6 | 10.5 | 2.71 |
| Propylene | Gas | 927 | 2.0 | 11.1 | 1.49 |
| Propylene Glycol | 210 | 790 | 2.62 | 12.55 | 2.62 |
| Pyridine | 68 | 900 | 1.8 | 12.5 | 2.73 |
| Rubber Cement | 50 or less | (Note: Hazard depends upon solvent) | .... | .... | .... |
| Styrene | 90 | 914 | 1.1 | 6.1 | 3.60 |
| Tetradecane | 212 | .... | 0.5 | .... | 6.83 |
| Thalaline | 200 | .... | .... | .... | 5.63 |
| Toluol | 40 | 1026 | 1.27 | 7.0 | 3.14 |
| Triethylene Glycol | 350 | 700 | 0.89 | 9.20 | 5.17 |
| Trioxane | 113 | 777 | 3.57 | 28.7 | .... |
| Turpentine | 95 | 464 | 0.8 | .... | .... |
| Varnish | <80 | .... | .... | .... | .... |
| Varnish Shellac | 40-70 | .... | .... | .... | .... |
| Vinyl Acetate | 18 | 800 | .... | .... | .... |
| Vinyl Chloride | <0 | .... | 4 | 22 | 2.15 |
| Vinyl Ethyl Ether | <-50 | 395 | .... | .... | 2.5 |
| Whiskey | 82 | .... | .... | .... | .... |
| Wines, High | 60-80 | .... | .... | .... | .... |
| Xylene-o | 63 | 900 | 1.0 | 6.0 | 3.66 |

La N. F. P. A. (National Fire Protection Assn) en el Código de líquidos inflamables y combustibles, usa el punto de evaporación instantánea y el punto de ebullición para comparar la volatilidad de líquidos inflamables :

TABLA 2.2.2.

CLASIFICACION DE LIQUIDOS N.F.P.A.

| LIQUIDOS INFLAMABLES | PUNTO DE EVAPORACION INSTANTANEA T_F | PUNTO DE EBULLICION T_E |
|------------------------------|--|---------------------------|
| Ia | $73^\circ F > T_F$ | $100^\circ F > T_E$ |
| Ib | $73^\circ F > T_F$ | $100^\circ F \leq T_E$ |
| Ic | $73^\circ F \leq T_F < 100^\circ F$ | |
| II | $100^\circ F \geq T_F < 140^\circ F$ | |
| LIQUIDOS COMBUSTIBLES IIa | $140^\circ F \geq T_F < 200^\circ F$ | |
| IIIb | $200^\circ F \geq T_F$ | |

Todos los gases y vapores tienen una tendencia a dispersarse dentro de la atmósfera y diluirse. Un gas más ligero que el aire tal como hidrógeno se difunde tan rápidamente en la atmósfera - que, excepto en espacios cerrados, usualmente no produce mezclas peligrosas.

Los gases ó vapores pesados tienen menos probabilidad - de dispersarse. Muchos vapores pesados tales como los procedentes - del disulfuro de carbono ó los del eter - etílico tienden a arrastrarse a lo largo de pisos y superficies y si llegan a alcanzar una fuente de ignición tal como el " chisporroteo " de un motor eléctrico se tendrá un fuego ó una explosión.

2.3. MECANISMOS DE IGNICION .

La temperatura de ignición ó de auto ignición es aquella en la cual una mezcla de combustible y aire se enciende espontáneamente, sin necesidad de introducir una flama ó chispa;

Para que una superficie sirva como una fuente de ignición debe ser grande y lo suficientemente caliente como para calentar una - mezcla aire - combustible hasta su punto de ignición. Lo grande de la superficie esta en relación con el volúmen de la mezcla. Si la cantidad de mezcla es pequeña se necesitará una pequeña superficie caliente para tener la ignición. Por ejemplo; el espacio de aire dentro - de un motor es pequeño en relación con el área de calentamiento de la superficie interna, por esto cuando una mezcla inflamable llena este - espacio de aire, ésta mezcla entrará rápidamente en ignición si la superficie interna está a la temperatura de autoignición de la mezcla ó por encima de ella.

Una chispa es mucho mejor fuente de ignición, ya que debido a su alta temperatura una pequeña chispa puede ser capaz de calentar a una mezcla aire - combustible a su temperatura de ignición en la interface.

Una vez que la mezcla se incendia la flama se propagará rápidamente a través de todo su alrededor. Cuando un líquido inflamable está por abajo de su punto de evaporación instantánea, la chispa puede durar lo suficiente para volatilizar algo de combustible e incendiar los vapores. Entonces el calor de los vapores quemandose sostiene la combustión.

Las mezclas con concentraciones estequiométricas o cercanas se incendian más facilmente con la pequeña energía de una chispa. La mayoría de los gases o vapores inflamables pueden incendiarse por la energía de una chispa de 10 milijoules o menos.

2.4 POLVOS INFLAMABLES .

Las propiedades de polvos inflamables que son de mayor importancia desde el punto de vista de la ignición son :

- a.- Tamaño de partícula .
- b.- Mínima concentración explosiva.
- c.- Temperatura de ignición de una capa del polvo.
- d.- Energía de ignición de una nube del polvo.

T A B L A 2.4.1

PROPIEDADES DE ALGUNOS POLVOS EXPLOSIVOS

| M A T E R I A L | ENERGIA MINIMA DE IGNICION DE NUBE (MILIJOULES) | TEMPERATURA DE IGNICION °C NUBE C A P A | | CONCENTRACION MINIMA EXPLOSIVA g/m ³ | PRESION MINIMA DE EXPLOSION (PSIG) | VELOCIDAD MAXIMA DE ASCENSO DE LA PRESION PSI/SEG. |
|------------------------------|---|---|---------|---|------------------------------------|--|
| A L M I D O N | 40 | 400 | | 450.54 | 106 | 7500 |
| POLVO DE MADERA | 40 | 470 | 260 | 350.42 | 113 | 5500 |
| CARBON DE HULLA (BITUMINOSO) | 30 | 610 | 180 | 500.60 | 101 | 4000 |
| AZUFRE | 15 | 190 | 220 | 350.42 | 78 | 4700 |
| ACIDO BENZOICO | 20 | 620 | FUNDIDO | 300.36 | 76 | 5500 |
| ALUMINIO (FINO) | 50 | 650 | 760 | 450.54 | 84 | 20000 |
| MAGNESIO | 40 | 560 | 430 | 300.36 | 116 | 15000 |
| TITANIO | 25 | 330 | 510 | 450.54 | 70 | 6000 |
| POLIETILENO (ALTA PRESION) | 30 | 450 | 380 | 200.24 | 81 | 4000 |
| POLIURETANO | 15 | 550 | 390 | 250.30 | 96 | 3700 |
| HULE CRUDO (EBONITA) | 50 | 350 | | 250.30 | 80 | 3800 |
| METIL METACRILATO (POLIMERO) | 20 | 480 | | 300.36 | 84 | 2000 |

La explosión de un polvo es la rápida combustión de las partículas del mismo suspendidas en el aire, acompañada por un aumento en la presión de los alrededores por el aire y productos gaseosos de la combustión expandidos.

La mayoría de las explosiones de polvos son explosiones múltiples; al decidir tirar en el aire polvos se proporciona combustible para explosiones secundarias, frecuentemente más violentas.

Generalmente la finura del polvo aumenta la oportunidad de explosión, los polvos más explosivos son aquellos que tienen un tamaño de partícula que pasa por un cernidor de 200 mallas. Usualmente no son peligrosos los polvos con tamaño de partícula hasta de 100 mallas. Sin embargo un polvo hasta de 60 mallas puede ser puesto en suspensión por efecto de la turbulencia delante de una flama producto de la explosión, y así contribuir a la propagación de una explosión.

Al igual que en los gases y los vapores existe en los polvos una concentración mínima abajo de la cual no puede ocurrir una explosión.

La tabla ~~2.4~~^{2.4a} proporciona el valor de la mínima concentración explosiva así como la energía mínima de ignición de una nube de polvo y la temperatura mínima de ignición de una nube de algunos polvos comunmente empleados en las industrias de proceso químico.

Las explosiones son más violentas cuando la concentración de polvos finos excede la requerida para una reacción estequiométrica con el oxígeno en una atmósfera dada. Y son menos violentas

tas en la mínima concentración explosiva. La turbulencia que mezcla intimamente el polvo con el aire aumenta considerablemente la violencia de una explosión.

Los polvos metálicos presentan un problema especial debido a su conductividad. Buscando las causas de "corto" y arcos en artefactos eléctricos ordinarios se ha encontrado que los polvos metálicos son en sí mismos fuentes de ignición.

La temperatura mínima de ignición de capas de ciertos polvos son importantes. Por ejemplo en el caso del polvo de madera cuya temperatura de ignición es de 260°C y su nube de polvo con una temperatura de ignición de 470°C . Si por alguna eventualidad se deposita polvo de madera sobre una superficie que proporcione su temperatura mínima de ignición está se incendiara y la flama hará alcanzar a la nube de polvo, que esta en sus cercanías, la temperatura necesaria para que entre en ignición. De aquí que tenga que controlarse cuidadosamente, en algunas áreas, la temperatura de la superficie de algunos equipos eléctricos como motores - en los cuales pueden acumularse un polvo inflamable.

La mínima energía necesaria para que una chispa sea capaz de incendiar una nube de polvo, esta dentro de un rango de - lo a 40 milijoules que es varias veces mayores que para una mezcla aire - vapor inflamable, sin embargo estas energías son tan pequeñas que cualquier arco ó chispa de un equipo eléctrico a 110 Volts ó a mayor tensión pueden poner en ignición nubes de polvos inflamables ó mezclas de aire - vapor ó aire - gas inflamables.

El rango de temperatura de ignición de nubes de polvos es casi el mismo que el de nubes de vapores y gases (250°C a 600°C). De tal manera que algunos vapores y polvos pueden ponerse en ignición con el calor proporcionando por superficies normalmente calientes de equipos eléctricos.

2.1.5 ALGUNAS FUENTES DE IGNICION.

Los equipos tales como " switches " interruptores, arrancadores de motores, estaciones de botones y toma corrientes; - pueden producir arcos ó chispas en el momento de ser abiertos ó cerrados sus contactos.

Algunos equipos tales como motores y lámparas son menos peligrosos pero producen calor y la temperatura que alcanzan - puede exceder la temperatura de ignición de algunas atmósferas. Un foco flojo en su soquet es una fuente de ignición doble por el ar--- queo y la producción de calor a que da lugar.

Muchas partes de un sistema eléctrico; incluyendo el alambrado (especialmente las conexiones ó empalmes), transformadores bobinas de impedencias solenoides y otros equipos de baja temperatura y sin contactos; pueden ser fuentes de ignición cuando falla el aislamiento.

3. CLASES Y LIMITES DE AREAS PELIGROSAS.

3.1. EL CODIGO NACIONAL ELECTRICO (NATIONAL ELECTRICAL CODE)

Para la selección del equipo eléctrico se debe tomar en cuenta la contaminación del aire que le rodea cuando se tenga o se puedan formar mezclas atmosféricas con gases, vapores o polvos cuya peligrosidad depende específicamente de cada uno de los contaminantes.

Aunque en México se tienen normas como las de Seguridad de Pemex que consideran algunos de estos casos, no existe una reglamentación oficial que sea aplicable a las distintas localidades peligrosas por lo que para mantener una instalación eléctrica dentro de las limitaciones necesarias para evitar que se convierta en una fuente de ignición en áreas donde hay concentraciones explosivas de gases, vapores o polvos, se aplican las normas del artículo 500 del NATIONAL ELECTRICAL CODE (NEC) el cual trata del equipo que ha sido adoptado extensamente por compañías de seguros y por la industria. Recientemente ha, quedado considerado parte de los patrones de seguridad del " Occupational Safety & Health Act " (OSHA).

El artículo 500 del N. E. C. ^{SE} define tres clases de localidades peligrosas :

- CLASE I : Areas donde gases ó vapores inflamables estan ó pueden estar presente en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas ó inflamables.
- CLASE II : Areas que son peligrosas debido a la presencia de polvos combustibles.
- CLASE III : Areas donde fibras fácilmente inflamables ó materiales que produzcan partículas combustibles son manejados, fabricados ó usados.

Las clase I y II de atmósferas peligrosas son subdivididas por el Código Nacional Eléctrico en División 1 y División 2 de las cuales la división 1 indica una mayor peligrosidad que la división 2.

3.2 CODIFICACION NEMA .

Además de la clasificación de áreas propuestas por el "National Electrical Code" existe la codificación de la "National Electrical Manufacturer Association" (NEMA) está se refiere a materiales eléctricos para construcción que son usados en diversas áreas, tanto lo clasificación de areas del N.E.C. como la CODIFICACION NEMA. son interpretadas por "Underwriters Laboratories" (U.L.) para asegurar a los usuarios que los productos son correctamente diseñados y fabricados para la aplicación propuesta.

Las definiciones propuestas por el "National Electrical Manufacturer Association" se enuncian a continuación haciendo mención a las áreas propuestas por el National Eléctrico Code - en que puede emplearse este equipo.

- NO
- NEMA 3.- Resistente a la intemperie.- Equipo ó material que se puede emplear en áreas exteriores.
- NEMA 3 R.- A prueba de lluvia.- Equipo ó material que se puede utilizar en áreas exteriores y que puede estar sometido a la lluvia en forma directa.
- NEMA 4.- A prueba de agua.- Equipo ó material que esta diseñado en tal forma que no permite la entrada de agua a su interior aún cuando es aplicada directamente en forma de chorro.
- NEMA 5.- A prueba de polvo.- Equipo ó material que está construido para evitar la acumulación y entrada de polvo a su interior.
- NEMA 7.- (A, B, C, y D.) Equipo para usarse en áreas peligrosas de acuerdo con la clasificación clase I a prueba de explosión y a prueba de flama división 1 y 2 del N. E. C.
- NEMA 9.- (E, F y G) Equipos para emplearse en áreas peligrosas de acuerdo con la clasificación clase II a prueba de polvos ignicibles divisiones 1 y 2 del N. E. C.
- NEMA 12.- Para usos en que se desee evitar la entrada y acumulación de fibras textiles y peluzas.

3.3. CLASIFICACION DE AREAS.

AREAS CLASE I

Clase I, División 1.- Se consideran como tales las localidades siguientes :

- a) En donde existen continuamente, intermitentemente ó periodicamente; bajo condiciones

normales de operación y mantenimiento y con escapes normales; concentraciones peligrosas de vapores ó gases inflamables.

- b.-) En donde paros ó defectos de operación del equipo de proceso pueden poner en libertad concentraciones explosivas de combustibles y provocar simultáneamente fallas del equipo eléctrico.

Clase I, División 2.- Son localidades ;

- a.-) Adyacentes a las de división 1, las cuales pueden ocasionalmente alcanzar concentraciones peligrosas.
- b.-) Donde son manejados, usados ó procesados líquidos volátiles ó gases inflamables, pero donde las concentraciones no son normalmente peligrosas, porque se encuentran confinados en sistemas cerrados;
- c.-) Donde las concentraciones peligrosas se previenen normalmente por ventilación positiva. Estas localidades son peligrosas solamente cuando las tuberías o recipientes se rompen accidentalmente ó cuando el sistema de ventilación falla.

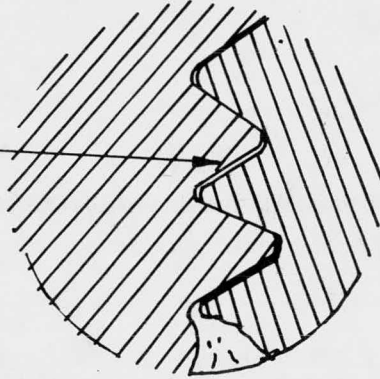
La entrada de vapores ó gases a equipo eléctrico no presurizado no puede prevenirse por el uso de empaques. Consecuentemente, si el equipo eléctrico opera en una atmósfera explosiva y se tiene una chispa o una superficie lo suficientemente caliente eventualmente puede ocurrir una explosión dentro del equipo, para evitar que la explosión se propague es necesario contenerla dentro del recipiente en que ocurre y además los gases producto de la explosión deben salir a una temperatura menor que la temperatura de ignición de la atmósfera. fig. 3.3.1.

El equipo que reúne estas características se conoce como equipo a prueba de explosión. El equipo a prueba de explosión diseñado para una atmósfera determinada no es necesariamente satisfactorio para todas las atmósferas, ya que cada gas ó vapor tiene propiedades específicas de explosión y propagación de flama.

El National Electrical Code (N E C) y los laboratorios Underwrites (U. L.) tomando en cuenta las diferencias en las características de gases ó vapores agruparon a los productos químicos, de acuerdo con sus características y para la aprobación de equipo eléctrico, en cuatro grupos específicos (A, B, C y D.); para la clase I y tres grupos específicos (E, F, G.); para la clase II (Tabla 3.3.4)

- GRUPO A.- Ambientes que contengan acetileno. Se pueden encontrar en plantas de gas, áreas de soldar, áreas de almacenamiento de gas.
- GRUPO B.- Ambientes que contengan hidrógeno ó gases ó vapores similares. Se puede encontrar en plantas de proceso u obtención de hidrogeno, laboratorios, hospitales. etc.
- GRUPO C.- Lugares donde puede encontrarse eter, etilico, etileno, ciclopropano y pueden tenerse en refinarias de petroleo, plantas de refrigerantes ó congelantes.

LOS GASES CALIENTES SON ENFRIADOS AL PASAR POR LAS CUERDAS



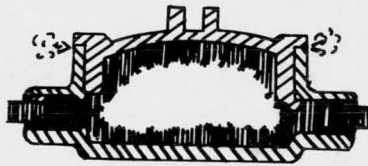
SOLAMENTE LOS GASES FRIOS PASAN AL EXTERIOR

FLAMAS Y GASES CALIENTES

GASES CALIENTES



JUNTA TIPO BRIDA



JUNTA ROSCADA

GRUPO D.- Lugares donde puede encontrarse gasolina, hexano, nafta, resina, butano, propano, alcohol, acetona, benzol gas natural, puede encontrarse en plantas, químicas fabricas de resina industria de plásticos, gasolineras, fabricas de pintura y barnices, fabricas de cosméticos, laboratorios farmaceuticos.

Por muchos años no se aumentó el número de productos químicos contenidos en cada grupo por lo que la mayoría de los productos empleados en la industria de procesos químicos quedó fuera de clasificación.

En 1968 quince productos químicos muy usados fueron agregados como el resultado de un proyecto de investigación sugerido por la (N. F. P. A.) sección : comité sobre equipo en atmósferas químicas y llevado a cabo por los laboratorios (U. L.).

Lo más importante a que se llegó en esta investigación es que no existe una relación directa entre las propiedades de explosión y la temperatura de ignición y que consecuentemente los dos deben ser considerados independientemente.

El equipo eléctrico para un grupo particular se diseña no solamente desde el punto de vista de los requerimientos de explosión de cualquiera de los materiales del grupo sino también desde el punto de vista de la menor temperatura de ignición.

La tabla 3.3.1 compara las propiedades de los materiales usados por (U. L.) para probar equipo eléctrico en los cuatro grupos. Como puede verse no hay relación entre la temperatura de ignición y propiedades de explosión o temperatura de ignición y propiedades de propagación de flama pero sin embargo existe obviamente, una relación entre las propiedades de explosión y las de propagación de flama.

+ CLASIFICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS POR GRUPOS TABLA 3.3.1

| Chemical | Minimum Ignition Temperature, °C. (°F.) | Chemical | Minimum Ignition Temperature, °C. (°F.) |
|--|---|--------------------------------|---|
| | Group A Atmospheres | | Group D Atmospheres |
| Acetylene | 299 (571) | Acetone | 465 (869) |
| | Group B Atmospheres | Acrylonitrile | 481 (898) |
| Butadiene ¹ | 420 (788) | Ammonia | 651 (1,204) |
| Ethylene oxide ² | 429 (804) | Benzene | 560 (1,040) |
| Hydrogen | 400 (752) | Butane | 405 (761) |
| Manufactured gases containing more than 30% hydrogen (by vol.) | 400 (752) | 1-Butanol | 365 (689) |
| Propylene oxide ² | 449 (840) | 2-Butanol | 405 (761) |
| | Group C Atmospheres | n-Butyl acetate | 425 (797) |
| Acetaldehyde | 175 (347) | Isobutyl acetate | 421 (790) |
| Cyclopropane | 500 (932) | Ethane | 515 (959) |
| Diethyl ether | 160 (320) | Ethanol | 365 (689) |
| Ethylene | 490 (914) | Ethyl acetate | 427 (800) |
| Isoprene | 220 (428) | Ethylene dichloride | 413 (775) |
| Unsymmetrical dimethyl hydrazine | 249 (480) | Gasoline | 280 (536) ⁶ |
| | | Heptanes | 215 (419) ³ |
| | | Hexanes | 225 (437) ³ |
| | | Methane (natural gas) | 539 (1,004) |
| | | Methanol | 365 (725) |
| | | 3-Methyl-1-butanol | 350 (662) |
| | | Methyl ethyl ketone | 516 (960) |
| | | Methyl isobutyl ketone | 460 (860) |
| | | 2-Methyl-1-propanol | 427 (800) |
| | | 2-Methyl-2-propanol | 480 (896) |
| | | Petroleum naphtha ⁴ | 288 (550) |
| | | Octanes | 220 (428) ³ |
| | | Pentanes | 200 (500) ³ |
| | | 1-Pentanol | 300 (572) |
| | | Propane | 450 (842) |
| | | 1-Propanol | 440 (824) |
| | | 2-Propanol | 399 (750) |
| | | Propylene | 460 (860) |
| | | Styrene | 490 (914) |
| | | Toluene | 480 (896) |
| | | Vinyl acetate | 427 (800) |
| | | Vinyl chloride | 472 (882) |
| | | Xylenes | 465 (869) |

NOTAS :

- 1.-) Puede usarse equipo del grupo D en estas atmósferas si tal equipo se sitúa de acuerdo con la sección - 501 - 5 (a) por medio de sellos en conduit de 1/2" o mayores.
- 2.-) Puede usarse equipo del grupo C en estas atmósferas si tal equipo se sitúa de acuerdo con la sección - 501 - 5 (a) por medio de sellos en conduit de 1/2" o mayores.
- 3.-) La temperatura de ignición dada es la correspondiente al compuesto normal, hay varios isómeros conocidos pero tienen mayor temperatura de ignición.
- 4.-) Es esta una mezcla de hidrocarburos que hierve entre 20° y 135°C, también conocida como bencina, - ester de petróleo o nafta.
- 5.-) La temperatura de ignición dada es para el "orto" - isómero; los isómeros "meta" y "para" tienen una -- mayor temperatura de ignición.
- 6.-) La temperatura de ignición es para gasolina de 50-60 octanos, gasolinas de mayor octanaje tienen -- mayor temperatura de ignición.

Por resultar práctico el equipo en los grupos A, B, y D, se diseña para operar a una temperatura máxima de 280°C y en el grupo C a una temperatura de 180°C.

Se hace necesario el uso de equipo del grupo C cuando se tiene cualquier producto de baja temperatura de ignición, no obstante que las propiedades de resistencia a la explosión y propagación de flama del equipo del grupo D pudiera ser adecuado. Recíprocamente con cualquier producto químico que requiera las propiedades de resistencia a la explosión y a la propagación de flama del equipo C se usará este aunque los requerimientos de temperatura de ignición sean arriba de 280°C.

Basado en las recomendaciones del Comité Seccional, se hicieron cambios en la National Electrical Code durante 1971 y 1972 que requieren que todo el equipo eléctrico que produce calor sea marcado con su rango de temperatura de operación así como la clase y grupo para el cual ha sido aprobado. Ahora el equipo eléctrico a prueba de explosión puede ser seleccionado para un grupo particular que tenga la máxima seguridad respecto a la temperatura necesaria para un producto químico específico.

La tabla 3.3.2 muestra los nuevos grupos de productos químicos del Código.

La mínima temperatura de ignición de los productos químicos fue agregada para hacer uso de la tabla mencionada.

La tabla 3.3.3 da el número de identificación en el Código para varias temperaturas.

El equipo existente se considera aprobado para los siguientes temperaturas.

| | | |
|-------|---|--------|
| GRUPO | A | 280°C |
| GRUPO | B | 280°C. |
| GRUPO | C | 180°C. |
| GRUPO | D | 280°C. |

Los laboratorios Underwriters tiene listada una línea casi completa de equipo eléctrico a prueba de explosión para los grupos C y D.

El equipo para el grupo B es menos disponible y aún menos para el grupo A. Desde luego esto no hace permisible el uso de equipo clase 1 grupo D en donde se requiere equipo para atmósferas de los grupos A y B, sobre la base de que la clase 1 grupo D es más disponible. Pensando de esta manera podría aca---rreararse una desastrosa explosión, por que el equipo del grupo D nunca soportaría la presión de una explosión interna de acetileno e hidrógeno y tampoco prevendrá la propagación de la flama a través de juntas y sellos. Para estos materiales y para cualquier otro material no listado cuyas propiedades no son bien conocidos, podría entonces usarse algún equipo aproximado de uso en la división 2.

Localidades Clase I, División 2

Puesto que las localidades división 1 son aquellas donde las concentraciones explosivas pueden esperarse normalmente - por periodos extensos de tiempo, las localidades División 2 serán - aquellas en donde las concentraciones explosivas ocurren solamente bajo condiciones anormales; es decir sólo ocasionalmente y por rela-
tivamente cortos periodos.

TABLA 3. 3. 2.

GRUPOS QUIMICOS ACTUALES SEGUN EL NATIONAL - ELECTRICAL - CODE

| GRUPO | ATMOSFERA QUIMICA | PRECION MAXIMA DE EXPLOSION KG/CM2. | SEPARACION MAXIMA DE SEGURIDAD MM. | TEMP. MINI MA DE IONICION ° C. | RANGO EXPLO-SIVO %. |
|-------|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| A | ACETILENO | 30.142 | 0.0762 | 300 | 25- 30.0 |
| B | HIDROGENO | 59.403 | 0.0762 | 585 | 4.1-74.2 |
| C | ETERDIETILICO | 14.06 | 0.6858 | 180 | 1.86-36.5 |
| D | GASOLINA | 11.248 | 0.7366 | 280 | 1.3 - 6.0 |

100

TABLA 3. 3. 3.

=====

NUMEROS DE IDENTIFICACION POR TEMPERATURA

| <u>TEMPERATURA MAXIMA ° C.</u> | <u>NUMERO DE IDENTIFICACION</u> |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 450 | T1. |
| 300 | T2. |
| 280 | T2 A. |
| 260 | T2 B. |
| 230 | T2 C. |
| 215 | T2 D. |
| 200 | T3. |
| 180 | T3 A. |
| 165 | T3 B. |
| 160 | T3 C. |
| 135 | T4. |
| 120 | T4 A. |
| 100 | T5. |
| 85 | T6. |

En la división 2 se tienen ordinariamente equipos, de baja temperatura que no produce chispa ó que cuando cierran ó abren contactos lo hacen sumergidos en aceite ó herméticamente sellados, cuando no se dispone de equipo que no produce chispa se usa -- equipo a prueba de explosión equivalente ó equipo contenido en cajas a prueba de explosión.

El equipo de la división 2 puede causar una explosión solamente si este se rompe ó se fractura al mismo tiempo que ocurre una concentración explosiva, desde luego que la concurrencia de estas causas es muy difícil. Aún en una área de división 1, la posibilidad de una concentración explosiva seguida por un periodo -- continuado, a través de toda el área es improbable, porque la ventilación necesaria para permitir a los empleados continuar trabajando prevee las concentraciones de vapores y gases; las mezclas explosivas es probable que ocurran solamente en la inmediata cercanía de la fuente de vapor y de gas.

La concentración permisible para la sanidad industrial es usualmente muy por abajo de los límites inferiores de explosión algunas veces -- por un factor de mil y aún diez mil.

Si se tienen escapes de vapores y gases inflamables, bajo condiciones normales de operación el equipo deberá ser rediseñado, ó los procesos de manejo modificados, para asegurar los límites también los edificios de proceso deben ser provistos con una ventilación mecánica integral para que los vapores y gases no puedan acumularse. Hechos como estos pueden convertir una área división 1, en una división 2. Afuera libremente ventiladas, las áreas de proceso son consideradas división 2.

Si se evitan las edificaciones con ventilación restringida entonces solamente unas pocas áreas requerirán equipo a -- prueba de explosión división 1. Por ejemplo.

- a.-) En donde una falla del equipo de proceso es probable que simultáneamente libere - concentraciones inflamables y cause una falla eléctrica.
- b.-) En áreas inmediatamente alrededor de localizaciones de carga y descarga de líquidos inflamables, alrededor de almacenes y tanques de proceso con venteos de alivio.

AREAS CLASE II

El N. E. C. define las áreas clase II División 1 como :

- 1.-) Aquellas en que las concentraciones de polvos explosivos están suspendidas en el aire continuamente, intermitentemente o periódicamente bajo condiciones normales de operación.
- 2.-) Aquellas en que una operación anormal del equipo y maquinaria pueden causar concentraciones explosivas de polvos y una fuente de ignición simultáneamente.
- 3.-) Aquellas en que pueden estar presentes polvos eléctricamente conductores.

El N. E. C. define las áreas clase II División 2 como: Aquellas localidades en donde normalmente no hay polvos combustibles suspendidos en el aire, pero donde la deposición de polvos puede efectuarse sobre equipos eléctricos que disipan calor, y donde los polvos pueden ser puestos en ignición por arcos eléctricos, chispas ó material en combustión.

Suministrando ventilación no es posible convertir una área clase II Div. 1 en una área clase II Div. 2, para esto es necesario instalar colectores de polvos y equipo de control para evitar que los polvos pasen a formar una suspensión en el aire.

Una área Div. 1, se extiende desde la fuente de polvo hasta la pared ó hasta un punto más allá del cual no es visible la suspensión del polvo formando una nube en el aire, bajo condiciones normales de operación.

Las áreas división 2 son aquellas en que no son visibles nubes de polvo porque el equipo esta encerrado ó el control de la fuente de polvos es efectivo. Bajo condiciones anormales, sin embargo, tales áreas pueden ocasionalmente tener polvos suspendidos en el aire. Una área división 2 se extiende desde afuera de una área división 1 ó desde posibles fuentes de polvo hasta la pared ó un punto más allá del cual no puede existir una apreciable acumulación de polvos.

El equipo para áreas clase II, Div. 1, se conocen como a prueba de polvos ignicibles. Tal equipo esta diseñado de tal manera que no pueden retenerse dentro de él cantidades ignicibles de polvos, así que los arcos, chispas ó calor generado dentro del equipo no pueden provocar la ignición de las acumulaciones exteriores ó las suspensiones atmosféricas.

El equipo a prueba de polvos ignicibles clase II (Tabla 3.3.4) es agrupado por el código y aprobado y listado por UNDERWRITERS LABORATORIES, como sigue :

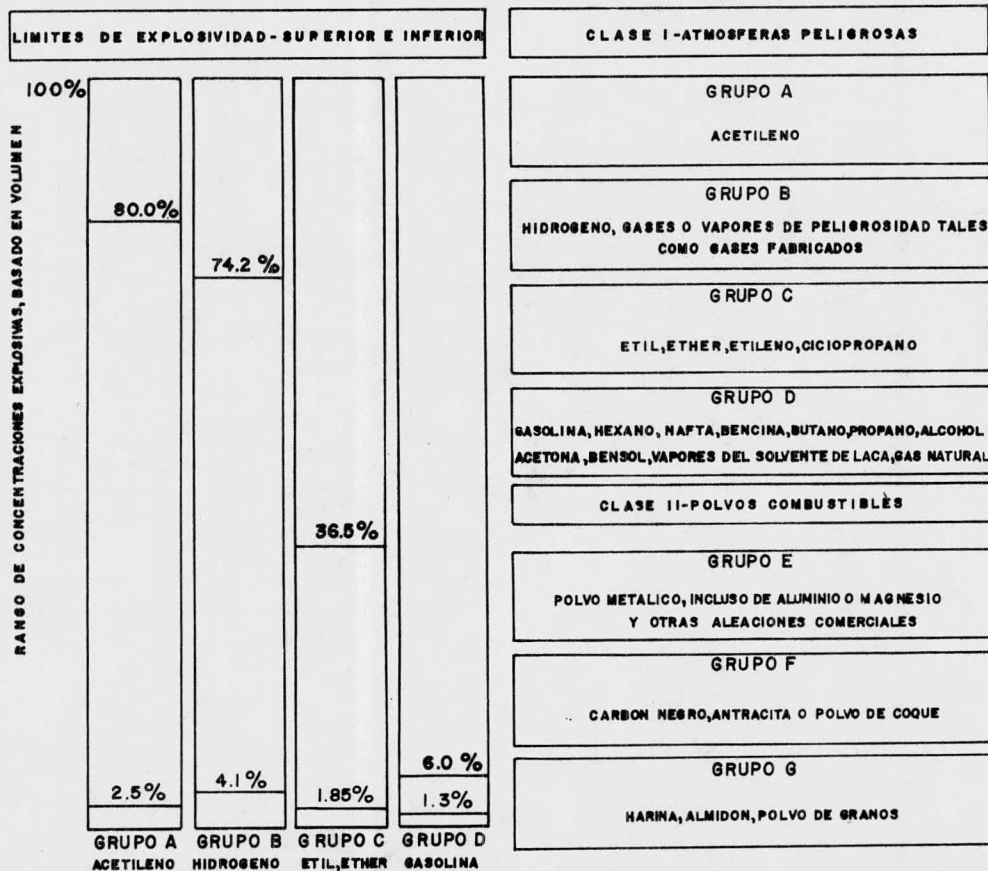
- GRUPO E : Atmósfera conteniendo polvos de metales incluyendo aluminio y magnesio, y sus aleaciones y otros metales de características peligrosas - semejantes;
- GRUPO F : Atmósferas conteniendo carbón negro, carbón mineral ó coke en polvo.
- GRUPO G : Atmósferas conteniendo harina, almidón ó polvos de granos.

Polvos tales como azufre, plásticos ó hule los cuales son importantes en las industrias de proceso químico, no están listados. La publicación del aumento del listado de la clase II a sido esperada por mucho tiempo y es un proyecto en el cual está -trabajandose actualmente en el comité seccional.

Como una medida práctica cuando se maneja un polvo no listado y cuya conductividad eléctrica y temperatura de ignición de una capa no son conocidas es admisible seleccionar equipo a prueba de polvos ignicibles aprobados para los grupos F y G; hay mucho equipo que esta aprobado para ambos grupos. Por lo común si el -polvo es metálico puede seleccionarse equipo del grupo E.

El equipo para localidades clase II Div. 2., puede ser a prueba de polvos ignicibles ó diseñado con cajas para minimizar, depositos o entradas de polvos y para prevenir el escape de -chispas ó calor ó material inflamado.

CLASIFICACION DE AREAS EN DONDE HAY PELIGRO DE EXPLOSION - TABLA No.



Pueden emplearse algunos equipos abiertos, frios y que no producen chispas tales como motores, si el polvo no es abrasivo o conductor.

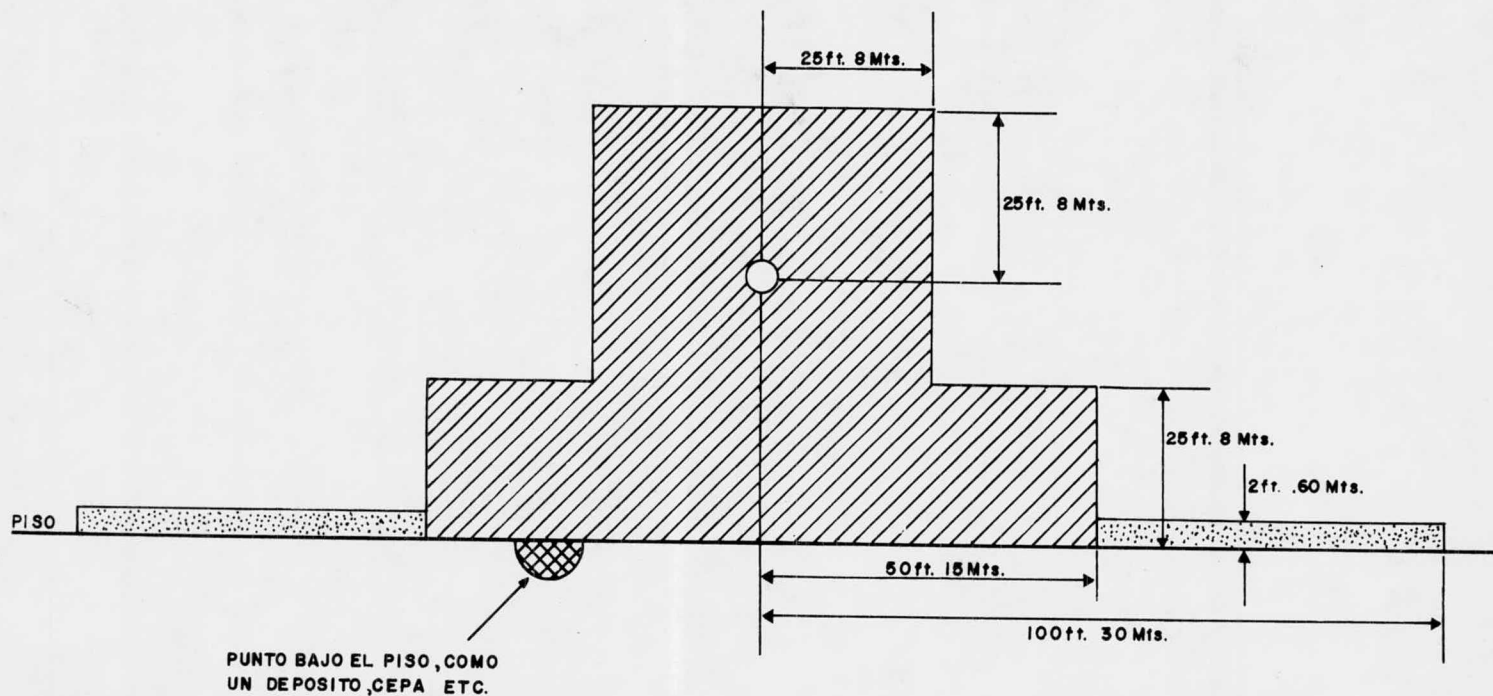
Todo el equipo para localidades clase II debe funcionar en todo el rango sin desarrollar temperaturas de superficie lo bastante elevadas como para provocar eventuales igniciones espontáneas de capas de polvo en gradual carbonización o provocar deshidratación excesiva. La temperatura máxima de superficie del equipo no sujeto a sobrecargas está limitada a 165°C y para equipos tales como : motores y transformadores, los cuales pueden ser sobrecargados el límite es 120°C.

3.4 Extensión de Areas Peligrosas

Si bien las áreas división 1 y 2 son fácilmente identificadas a partir de las definiciones del código; establecer que tan lejos pueden extenderse, desde la fuente de vapor o gas liberandose, es más difícil. La extensión de una área esta influenciada por los límites explosivos y por la densidad de vapor del gas o vapor, la cantidad de gas o vapor liberado, el tipo de ventilación y las obstrucciones al libre movimiento del aire (o gas).

Las sig. Las figuras 3, 4. 1., 3, 4, 2 y 3, 4, 3, son ejemplos de como el AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (Standard R P 500 A) clasifica las áreas de acuerdo con sus distancias a las fuentes de peligro, tales diagramas facilitan la clasificación de una área ya sea para división 1 o división 2 o no peligrosas. La N.F.P.A. (Standard) Núm. 30 33, 36, 50, 58, y 59 los cuales son de aplicación a la industria de procesos químicos, también proveen información sobre la extensión de áreas peligrosas. (Como con todas las guias basadas en condiciones -)

FIG. 2.7.3. FUENTE DE PELIGRO LOCALIZADA ARRIBA DEL PISO

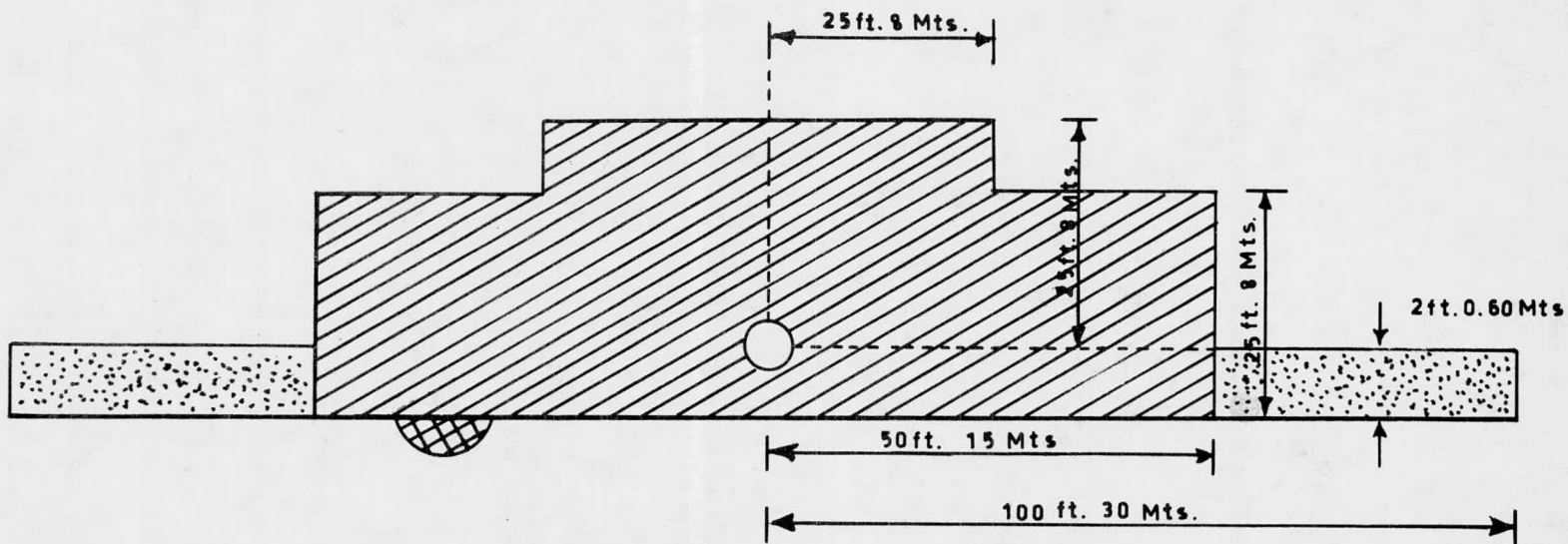


PUNTO BAJO EL PISO, COMO UN DEPOSITO, CEPA ETC.



AREA ADICIONAL DE LA DIV. 2 CUANDO HAY UN ESCAPE GRANDE DE VOLATILES.






AREA DE PROCESO LIBREMENTE VENTILADA

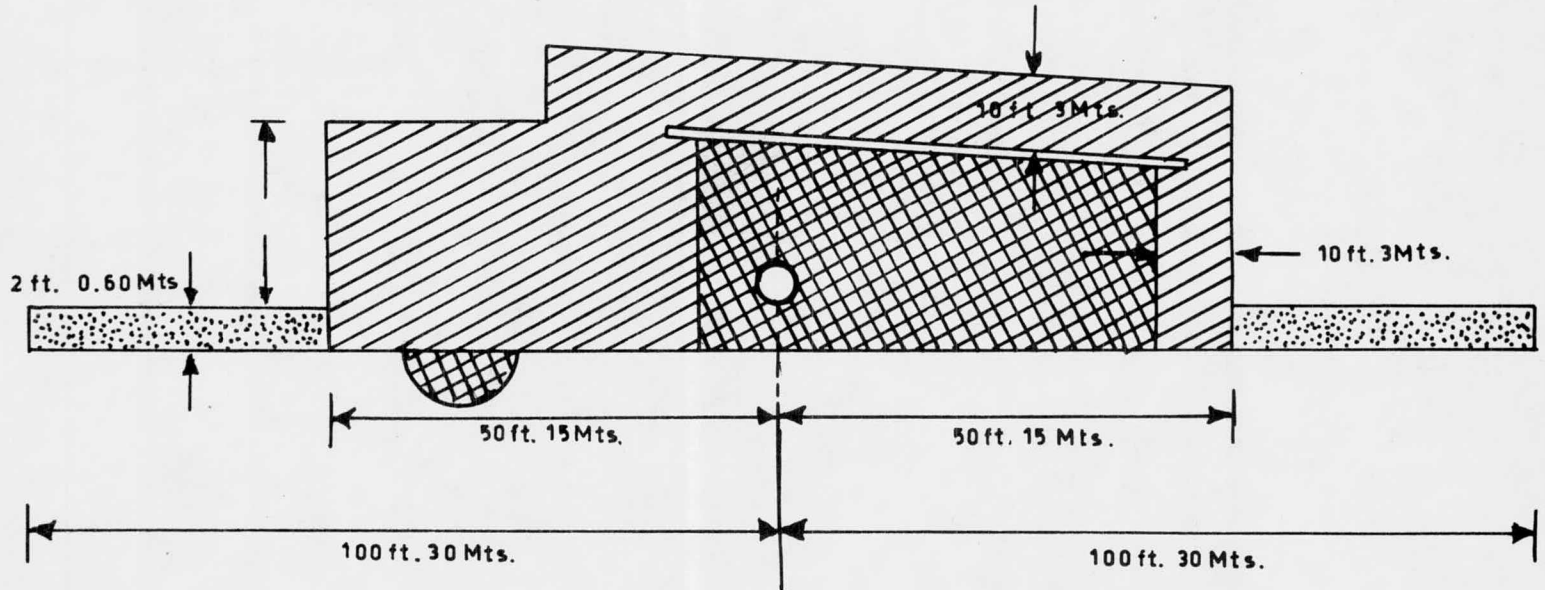
 DIV. 1

 DIV. 2

 AREA ADICIONAL DE LA DIVISION 2 CUANDO HAY UN ESCAPE GRANDE DE VOLATILES.

 FUENTE DE PELIGRO

AREA DE PROCESO CON VENTILACION RESTRINGIDA



 DIV. 1

 DIV. 2

 AREA ADICIONAL DE LA DIV. 2 CUANDO HAY UN ESCAPE GRANDE DE VOLATILES.

 FUENTE DE PELIGRO

promedio, es necesario usarlas con criterio y buen juicio y ajustándose a las condiciones de cada planta en particular.

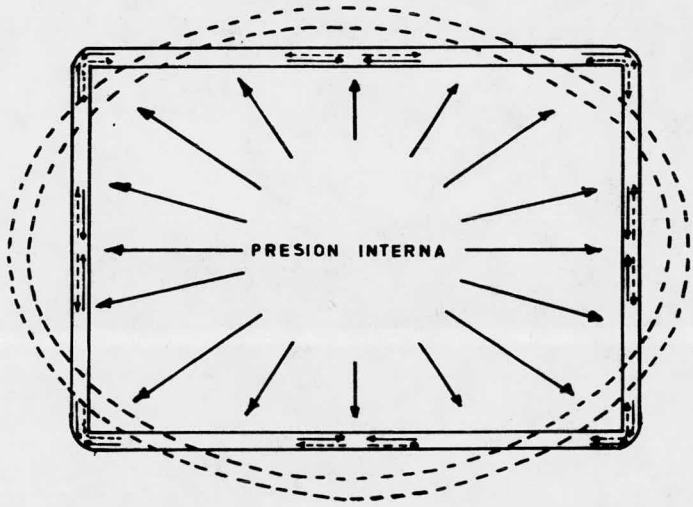
4.- EQUIPO ELECTRICO PARA AREAS PELIGROSAS

4.1. BLINDAJE A PRUEBA DE EXPLOSION :

Por definición, un blindaje a prueba de explosión debe evitar la inflamación de un gas ó vapor explosivo que pueda envolverlo. En otras palabras una explosión dentro del blindaje debe quedar confinado por éste y evitar que inicie una mayor explosión externa (norma 514 UL).

Un requisito para tales blindajes es la resistencia mecánica adecuada. En la mayoría de los diseños a prueba de explosión se usa un factor de seguridad de 4, esto es, el artículo debe resistir una presión hidrostática a 4 veces la presión máxima que pudiera desarrollar una explosión de hidrocarburos dentro del blindaje. (Debe puntualizarse que bajo condiciones de circuitos - cortos pueden desarrollarse presiones que sean aún mayores que aquellas comprendidas en este factor de seguridad, y en tales casos, aún un blindaje a prueba de explosión puede romperse).

Además de ser fuerte, el blindaje debe ser " a prueba de flama " este término no implica que debe quedar herméticamente sellado sino que las juntas o bridas se mantienen dentro de las estrechas tolerancias UL. Estas juntas cuidadosamente maquinadas enfrían los gases calientes que producen una explosión interna de tal manera que cuando llega a la atmósfera peligrosa externa, están demasiados frios para inflamarla (FIG. 4.1.1).



————— Compresión

- - - - - Tensión

Los esfuerzos causados por la presión de una explosión interna, se ilustran en la figura 3.3.1. Las líneas punteadas indican la forma que una envolvente rectangular tiende a obtener bajo estas condiciones.

Las dos características esenciales que reúnen las corazas a prueba de explosión son su rigidez y hermetismo a la flama, pero además ha sido preciso recabar los siguientes datos al proceder a su diseño.

- 1.- Dimensiones de los equipos que alojarán.
- 2.- Presión originada por la explosión -
- 3.- Temperatura de operación .
- 4.- Resistencia del material que se empleará.

De los cuatro datos anteriores solamente pueden conocerse con precisión el primero y el cuarto. El segundo, relativo a la presión ha sido obtenido por experimentos previos ó ensayos múltiples. Las presiones interiores dependen hasta cierto grado de la forma de la coraza, de la turbulencia del gas al momento de explotar y de las obstrucciones que encuentran con los equipos alojados en el interior y en la proximidad de las paredes de la coraza. En las cajas de registro de tamaño moderado, la presión producida con la explosión llega hasta 8.8 Kg/cm² (125 lb/in².) Los Underwrite Laboratories, Inc. prueban estos equipos aplicandoles una presión hidrostática 4 veces superior a la presión a que quedarían sujetos en la explosión; en este caso la presión aplicada sería de 35 kg/cm² (500 lb/in²) magnitud relativamente alta.

Puesto que la labor de los fabricantes consiste en construir equipos con el menor peso posible y a un costo mínimo, sus investigaciones los han llevado a la siguiente consideración:

Cuando se aplica una presión en el interior de un recipiente cerrado, este tiende a tomar una forma esférica, como acontece con una burbuja de jabón donde todos los elementos de sus paredes se encuentran sujetos a la misma tensión, mientras más se aproxima el diseño a la forma esférica, más fuerte será la coraza para un determinado peso de material.

Se ha mencionado que los envolventes a prueba de explosión deben limitar una posible explosión en su interior y evitar que esta se propague al exterior; por lo que deberá ser lo suficientemente hermética para impedir que las flamas salgan al exterior. Esto significa que deberá tener tolerancias muy reducidas entre sus uniones, tapas, etc, en tal forma que impidan la salida de las flamas aunque no impidan la entrada de los gases ya que esto resulta impracticable.

En los conulets destinado a alojar pequeños accesorios eléctricos tales como apagadores de palanca, estaciones de botón, contactos, etc, cuyo diseño de junta entre tapa y caja es plano, la superficie de contacto entre caja y tapa debe de tener un ancho mínimo de 9.5 mm, y la tolerancia de ajuste entre estas dos superficies rectificadas debe ser tal que una hoja de calibrador de 0.0381 mm (0.0015 plg) no pueda insertarse en la junta más adentro de 3 mm.

Esto requiere que las superficies de la caja y la tapa sean planas con una tolerancia máxima de la mitad de 0.0381 mm ó sea 0.019 mm.

Las juntas planas cuando se produce una explosión en el interior, tienden a aumentar la magnitud de los claros o de los espacios libres donde se unen. Por tal motivo deben dotarse de tornillos convenientemente distribuidos que aseguren su perfecta unión.

Existen otros tipos de junta y una de las más usadas además de la anterior es la junta roscada.

Por su construcción este tipo de junta tiene la ventaja de que la flama o los gases producidos por una explosión en el interior tienen que recorrer una trayectoria mayor para salir al exterior (FIG. 3. 3. 1).

De acuerdo con el Código Nacional Electrico se requiere que una junta roscada tenga por lo menos 5 hilos en contacto para estar aprobado para Clase I y 3 hilos en contacto para Clase II.

En vista de lo anterior cuando ocurre una explosión en el interior los gases encendidos son forzados a pasar a través de la junta roscada con lo que se logra obtener una transmisión de calor de los gases al cuerpo y tapa de la caja y así al salir, la temperatura de los gases esta por debajo del punto de ignición.

La temperatura de operación de las envolventes para los equipos a prueba de explosión, es un punto importante a considerar en el diseño de estos, ya que sería inútil construir un equipo capaz de soportar las presiones internas originadas por una explosión si la temperatura de operación es tal que pueda incendiar la atmósfera que lo rodea.

Las corazas para interruptores, arrancadores y dispositivos similares que de por sí no generan temperatura que se aproxima a estos límites, presentan menos dificultad de construcción que las unidades de alumbrado a prueba de explosión.

Las lámparas por ejemplo, generan una gran cantidad de calor; por lo que el tipo de envolvente para estas, son diseñadas considerando dos cámaras aisladas, una correspondiente a las conexiones de los conductores y otra para la lámpara ya que en esta forma se pueden confinar las posibles explosiones en cámaras separadas.

En el diseño de los tableros a prueba de explosión se presenta un fenómeno que consiste en la precompresión o acumulación de presiones, fenómeno que es común cuando la explosión ocurre en volúmenes relativamente grandes.

Por ejemplo los tableros de alumbrado constan de una caja independiente para las conexiones, alimentación, etc, y otras para los interruptores que deberán estar aislados unos de otros con objeto de poder confinar la explosión que pudiese presentarse en compartimentos del menor volumen posible, quedando sin embargo el problema de la precompresión en el compartimento de conexiones; ya que la presión interna ejercida por una explosión cuando esta se aplica en volúmenes mayores, aumenta con relación a dichos volúmenes.

4.2 SELECCION Y APLICACION DEL EQUIPO :

A.-) TABLEROS Y CONTROLES INDUSTRIALES.

Para el control eléctrico en ambientes peligrosos se han diseñado centros de control a prueba de explosión por medio de los cuales es posible centralizar los controles lo que representa ahorros en Ingeniería y en mantenimiento al mismo tiempo que elimina el costoso tiempo improductivo cuando el personal se desplaza de un control a otro, además se tiene acceso fácil y rápido a los controles para su inspección y mantenimiento y es posible obtener ahorros en cambios futuros ya que los componentes pueden ser cambiados o aumentados en forma fácil y rápida por su diseño modular, usando estructuras y ductos pre-taladrados, o bien diseñarlos para cumplir exactamente las necesidades particulares de cada instalación.

Aún cuando no existen tableros completos adecuados para usarse en áreas peligrosas los componentes individuales de dichos tableros si pueden obtenerse sin dificultad en diseños a prueba de explosión. Hay una gran variedad de equipo eléctrico de control a prueba de explosión o a prueba de inflamación de polvos, para áreas clase I y II, en estas localidades se usan mucho arrancadores, interruptores y estaciones de botones a prueba de explosión.

En equipo industrial de control los Underwriter's Laboratories han incluido y aprobado aparatos especiales sumergidos en aceite, para usarse en las áreas Clase I, División 1. Este equipo tiene todas las partes de arqueo sumergidas bajo 15 cm, de aceite. En las áreas Clase I, Div. 2, se aceptan controles sumergidos en aceite, normalmente con un nivel de 5 cm, que protege las partes del contrato directo con vapores, aunque el conservar las condiciones de nivel del aceite constituye un serio problema.

Otro tipo de equipo a prueba de explosión centralizados son los tableros de control tipo EJB dentro de los cuales es posible instalar las estaciones de botón, luz piloto, switch selector etc, cuando por diseño los elementos de protección como los interruptores y arrancadores no esten centralizados.

Con este tipo de tablero es posible controlar un buen número de equipos y por su diseño permite su instalación para montaje de sobreponer y para tableros. Estos equipos son suministrados por el fabricante totalmente alambrados hasta las tablillas, además es factible la colocación de otros elementos de control como relevadores etc, para funciones especiales de control.

Además se fabrican una amplia variedad de elementos de control como estaciones de botón, luz piloto, switch selector, interruptores de palanca, interruptores termomagnéticos, arrancadores, etc, que cumplen con los requisitos para localidades peligrosas Clase I y II;

B.-) UNIDADES DE ALUMBRADO.

El alumbrado de plantas de procesos químicos se localiza principalmente en donde se necesita, sin importar la simetría de la instalación, sin que esto quiera decir que cuando sea posible no se busque la simetría y buena apariencia.

Una tendencia reciente es la de clasificar la mayoría de las áreas de alumbrado como Clase I, División 2.

Existe una amplia variedad de equipos de alumbrado que cumplen con los requisitos para atmósferas explosivas.

Aún cuando el alumbrado incandescente es todavía ampliamente favorecido en las industrias de procesos químicos, muchas compañías están cambiando a alumbrado de vapor de mercurio debido a su mayor eficiencia. La aceptación general de luminarias fluorescentes y de mercurio se ha retardada grandemente por su costo inicial mucho mayor; sin embargo, éste se compensa por el menor costo de operación y por la mayor vida de la lámpara que se traduce en una reducción de los costos de mantenimiento.

Las luminarias fluorescentes normales, se usan generalmente para el alumbrado de cuartos de control y para alumbrado general particularmente en áreas exteriores, se emplean reflectores estratégicamente colocados.

Muchas áreas de proceso y otras requieren alumbrado localizado; si estas áreas son Clase I División 1, generalmente se usan lámparas a prueba de explosión. En áreas División 2 que no sean de procesos, la lámpara generalmente aceptada es la llamada de tipo a prueba de vapor. Las lámparas de este tipo ahora son llamadas lámparas industriales cerradas, con empaque, para evitar posibles confusiones.

Al diseñar cualquier lámpara de alumbrado a prueba de explosión estamos trabajando con un dispositivo que produce calor y por lo mismo las temperaturas de operación resultan muy importantes.

Los Underwriters' Laboratories han establecido temperaturas límites para los distintos grupos de gases y vapores que se encuentran en la lista del Artículo 500 del National Electrical Code. Al diseñar lámparas para Clase I, División 1, Grupo C, la temperatura externa de la cubierta no debe exceder de 180°C , para Clase I, División 1, Grupo D, el límite es 280°C . Estos límites están basados en una temperatura ambiente de 40°C , cuando las lámparas operan continuamente a carga, voltaje y frecuencia plenas.

Un requisito especial de diseño de UNDERWRITERS' LABORATORIES para lámparas de alumbrado en todos los locales Clase I, División 1, es que la cámara de explosión para la lámpara debe estar separada o aislada del compartimiento de la lámpara. Como resultado no se requiere un sello adyacente a las lámparas aprobadas por UL.

Cuando se usan lámparas que son a prueba de explosión, tales como los tipos cerrados y empacados, en locales Clase 1, División 2, el National Electrical Code exige que las temperaturas de operación de la lámpara no exceden del 80% de la temperatura de ignición del vapor o polvos inflamable de que se trate. Por ejemplo la temperatura de ignición de la gasolina es 280°C , por lo tanto, la temperatura de operación de la lámpara en tal ambiente no deberán exceder del 80% del 280°C o sean 224°C . Hasta ahora los Underwriters' Laboratories no proporcionan listas de estas lámparas División 2.

La información sobre las temperaturas de operación deben obtenerse del fabricante, y se ha buscado que vengan indicadas en el equipo.

Para asegurarse que las temperaturas de operación de las lámparas no son sobrepasadas es indispensable que el personal de mantenimiento se asegure de usar siempre los focos especificados por el fabricante.

Las temperaturas máximas de seguridad establecidas por Underwriter's Laboratories para los tres grupos de polvos Clase II son las siguientes : Grupos E y F, 200 C.; Grupos G, 165 C. Los dispositivos que produzcan calor y que se usen en locales Clase II aún cuando estén cubiertos de polvo, no deberán tener temperaturas mayores que estas.

Como equipo adicional a las instalaciones para alumbrado, se fabrican tableros para su control hasta para 24 circuitos de 15, 20 y 30 amperes para localidades Clase I Grupo D, División 2 NEMA 3, 7D, estos tableros se suministran por el fabricante ensamblados con su propio transformador colocado en un marco compactado para montarse sobre poste o pared. Esto se proporciona alambrado del secundario del transformador a las zapatas principales del tablero, y los circuitos derivados alambrados hasta las tablillas terminales. Este ensamble pueden ser instalado en el área de uso, con lo que se reduce la longitud de la alimentación a bajo voltaje.

Los transformadores estan totalmente cubiertos por una resina epóxica para un sello completo libre de vapor y polvo.

C.-) CONTACTOS Y CLAVIJAS.

En la mayoría de accesorios a prueba de explosión todas las partes que conducen corriente eléctrica están en el interior de una envolvente, sin embargo en los contactos y clavijas la conexión ó desconexión eléctrica debe ser hecha fuera de la envolvente. El problema es hacerlos adecuados para atmósferas explosivas.

Existen dos tipos de contactos que pueden ser usados en tales ambientes:

- a.-) Los receptáculos que pueden suministrarse con un dispositivo de seguridad eléctrico y mecánico localizado en una envolvente a prueba de explosión el cual se opera cuando se inserta en el receptáculo la clavija ó sea , que el contacto se efectúa y se interrumpe sin energía.
- b.-) Los de acción retardada, en los cuales el arco de interrupción es confinado a una cámara y da tiempo a que se enfrien las partes metálicas antes de que estas entren en contacto con la atmósfera que las rodea.

D.-) REGISTROS PARA CONEXIONES.

Se fabrica una amplia gama de registros para cubrir las necesidades de las instalaciones eléctricas en áreas peligrosas y se utilizan como registros de conexión para facilitar acceso

al interior de la tubería para alambrado, derivaciones, etc, Existen también sellos, drenes y respiradores para complementar los requisitos que exige el Código National Eléctrico en instalaciones a prueba de explosión.

E.-) MOTORES Y GENERADORES.

Como se necesitan motores eléctricos para mover bombas, compresores, ventiladores, sopladores, transportadores y herramientas su presencia en atmósferas peligrosas es frecuentemente inevitable.

Las selecciones del tipo adecuado de motor es muy importante ya que ésta tiene una influencia considerable en el costo inicial. El tipo de atmósfera peligrosa y las condiciones corrosivas son factores principales en ésta selección ya que determinan el grado de protección necesaria para evitar costos excesivos de mantenimiento y de interrupción.

Las condiciones de peligrosidad y de corrosión varían en las distintas áreas de las plantas de proceso químico, como se ha visto, consecuentemente, ningún tipo único de construcción de motores es adecuado para todas las aplicaciones, Los tipos de que se dispone varían desde el " a prueba de goteo " hasta el " a prueba de explosión " que es totalmente cerrado y enfriado por ventilador.

Los motores que se usen en locales Clase I, División 1, deben ser del tipo a prueba de explosión, apropiados para operación bajo las condiciones específicas que se encuentren en el trabajo.

Los motores para uso de locales Clase I, División 2 en los cuales se empleen contactos deslizantes, mecanismos de conexión o desconexión o resistencias integrales, deben también ser a prueba de explosión.

El National Electrical Code permite la instalación de motores sin escobillas y sin mecanismo de desconexión (tales como los polifásicos de inducción, jaula de ardilla) en locales Clase I, División 2 en armazones que no sean a prueba de explosión. Los motores de éste tipo no están sujetos a fallas eléctricas en el tiempo limitado durante el cual la atmósfera que los rodea puede ser peligroso.

Los motores que se usen en áreas Clase I, ya sea División 1 o División 2, no deben producir chispas ni mecánicamente. Por ejemplo cuando se use un motor enfriado por ventilador, éste debe ser de un material que no produzca chispa al chocar, tal como el aluminio o el bronce.

También se usan motores de ventilación forzada en áreas peligrosas y pueden obtenerse en cualquier tipo o tamaño. Sin embargo el ducto y el sistema de ventilación que se requieren son = apreciablemente caros. Se trae aire limpio por el sistema de ductos, se hace pasar a través del motor y después se descarga a través

de otro ducto en una área fuera del local peligroso. Los ductos de ventilación deben estar a presión en todo momento mientras el motor esté trabajando para impedir la entrada de aire contaminado; esto se logra con ventiladores instalados a la entrada del ducto. Se requieren reles auxiliares instalados a la entrada del ducto para asegurar la purga adecuada del sistema de aire, antes de arrancar el motor.

También hay la posibilidad de emplear motores llenos de gases inertes pero sus aplicaciones están muchas veces limitadas por cuestiones de costo. Estos motores tienen tapas herméticas y sellos de aceite alrededor de la flecha, para reducir las fugas de gas al mínimo. Están a presión con un gas inerte o con aire de seguridad para instrumentos y están equipados internamente con intercambiadores de calor del tipo aire - agua.

Los motores llenos de gas inerte son apropiados para cualquier local peligroso. En el caso de una falla de presión, el sistema de control desconecta el motor al tiempo que hace funcionar una alarma. Estos motores de gas inerte serían los más apropiados para áreas clasificadas en los grupos A, B, y C.

Es muy importante hacer notar que cuando un motor aprobado por UL para locales peligrosos es abierto para su reparación, la aprobación queda anulada automáticamente a no ser que un inspector autorizado por UL esté presente para vigilar el trabajo y el armado del motor.

Bajo ningún concepto debe asumirse que los motores y controles diseñados para una clasificación son apropiados para -- usarse en una área peligrosa de una clasificación ó grupo diferente.

4.3 METODOS Y MATERIALES DE ALAMBRADO

A.-) CONDUITS Y ACCESORIOS :

Todos los conduits que se instalen en locales Clase I, División 1, deben de ser rígidos, de metal, cuando menos con 5 hilos completos atornillados en el blindaje a prueba de explosión. Para locales División 2 el uso de conduit rígido es también una práctica aceptada generalmente.

El método más común de alambrado en las industrias de procesos químicos requieren el uso de conduits de pared gruesa - con un acabado " sherardizes ". Independientemente del acabado protector que tenga el conduit, en muchas fábricas se acostumbra darles una protección adicional contra la corrosión por medio de pinturas - de varios tipos.

Muchas compañías están estudiando, para usos futuros, conduits y accesorios de aluminio de contenido normal y de bajo contenido de cobre. La American Standards Association permite conduits de aluminio con un máximo de 0.4% de cobre.

La necesidad para normalizar el contenido de cobre en accesorios de aluminio, es primordial; la mayoría de los expertos en este ramo aceptan generalmente que los accesorios de aluminio con bajo contenido de cobre no deben tener más de 0.4% de cobre. En este punto ó mas abajo no son de esperarse dificultades serias en las industrias de procesos químicos causadas por corrosión de la atmósfera sobre las aleaciones de aluminio.

B.-) CABLES CON AISLAMIENTO MINERAL.

Otro tipo de sistema de alambrado que se emplea mucho es el de cable con aislamiento mineral (MI), Este cable está formado por conductores de cobre espaciados adecuadamente, rodeados de óxido de magnesio comprimido apretadamente y encerrado en una cubierta de cobre que es completamente flexible.

A temperaturas abajo del punto de fusión de la cubierta de cobre, el cable (MI) es inalterable por el fuego. En realidad, debido a las limitaciones impuestas por las conexiones terminales, su rango de temperatura de operación se considera generalmente entre menos 40 y más 80 grados centígrados con terminales normales y hasta más 250 grados centígrados con terminales especiales.

El cable (MI) es adecuado y esta aprobado para todos los locales Clase I y II si se instala apropiadamente. Los accesorios terminales pueden obtenerse para Clase I, grupos C y D.

El cable (MI) puede obtenerse en uno a siete conductores, lo que lo hace especialmente adecuado para el alambrado, de tableros de control, componentes de control y circuitos de instrumentos donde el escaso espacio disponible hace que las instalaciones de conduits sean muy difíciles y caras.

Debido a que el cable (MI) es higroscópico, la humedad puede ser un problema serio, particularmente cuando se dejan expuestos los extremos. Debe tenerse mucho cuidado de instalar y sellar los accesorios terminales tan pronto como sea posible, para evitar la acumulación de humedad. Cuando la humedad llega a entrar conviene cortar el extremo o secarlo con un soplete.

C.-) CABLE ARMADO.

El cable armado está siendo estudiado para su aprobación por el National Electrical Code, ha encontrado aplicación amplia en las áreas Clase I, División 2, y su aceptación es cada vez mayor.

El uso de este cable no ha sido limitado a ningún voltaje y de aquí que resulte adecuado para muchas instalaciones. La armadura propiamente puede obtenerse en distintos metales tales como acero galvanizado, aluminio, bronce y acero inoxidable.

Cuando se necesita protección adicional contra ataques químicos pueden aplicarse cubiertas de hule, neopreno o cambric barnizado, sobre la armadura. El material más comúnmente usado para estas cubiertas protectoras es una camisa plástica generalmente de cloruro de polivinilo (P. V. C.).

El uso de cables armados ha sido estimulado apreciablemente por su costo bajo, su flexibilidad y otras ventajas.

Al cable armado hay que rematarlo con propiedad se requiere un accesorio sellador cuando el cable entra dentro de un blindaje a prueba de explosión. Como la armadura no debe ser usada como conductor de tierra o neutro, debe haber un conductor separado en el cable, para esto.

Cuando se lleva el cable armado por arriba del suelo generalmente se instala sobre soportes metálicos parecidos a escaleras comúnmente conocidas como charolas. Muchas industrias de proceso químico han observado que el uso de estos soportes para cables reduce apreciablemente el costo del alambrado de control y de fuerza.

En cuartos de control grandes; si se consideran el espacio y el costo necesario para un sistema de conduits únicamente, se podrán apreciar las grandes ventajas económicas que pueden obtenerse con el sistema de cables armados y soportes metálicos aéreos. Esto es sin contar la facilidad con que pueden instalarse cables adicionales a este sistema de soportes, y el ahorro por disminución de las pérdidas por calentamiento al estar libremente ventilados los cables

Sin embargo, en muchas plantas, este sistema de cables armados aéreos se usa muy poco debido a problemas de corrosión y de mantenimiento.

D.-) SELLOS PARA SISTEMAS DE CONDUIT.

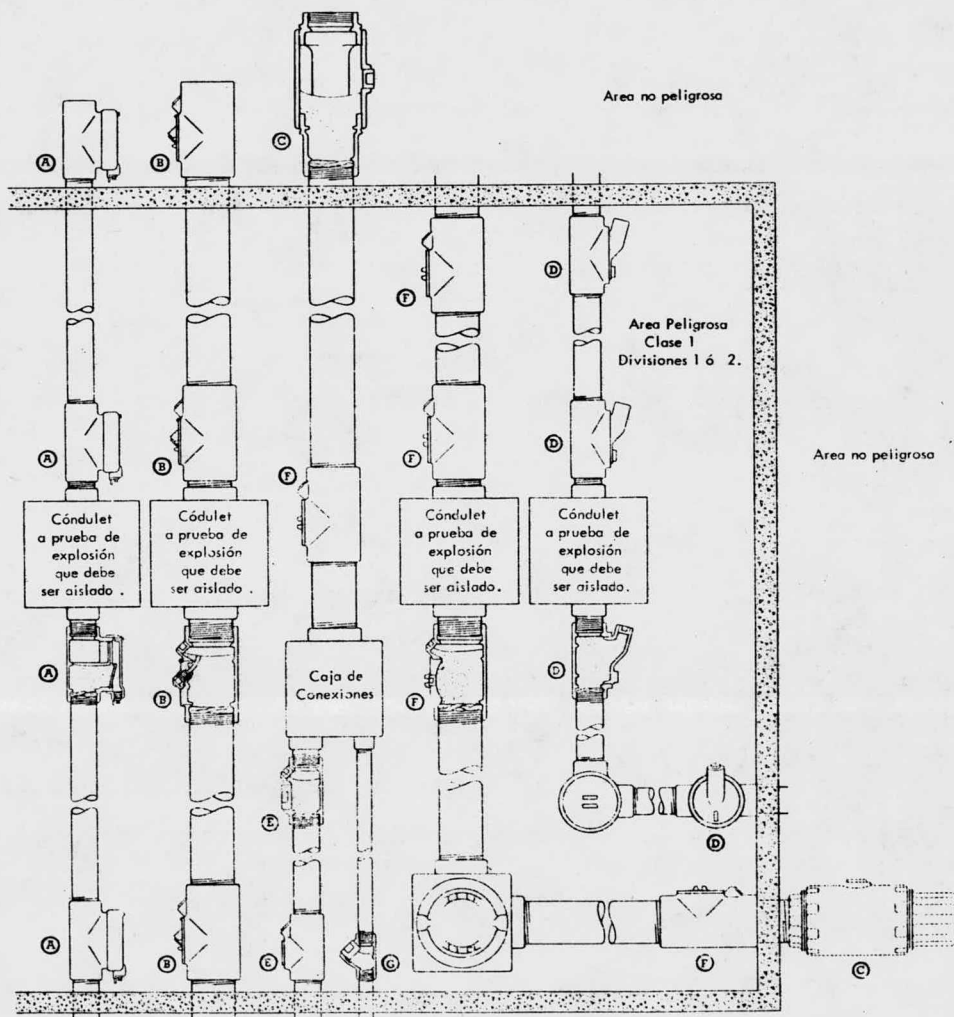
Los sellos sirven para evitar el paso de gases, vapores o flamas de una sección de un sistema de conduit rígido a otro, limitando así una explosión a sólo un blindaje a prueba de explosión. Los sellos también evitan la pre - compresión o " acumulación de presiones " causada por explosiones sucesivas - que puede dar lugar a presiones muy elevadas dentro del sistema de conduits.

Un sello es un accesorio conteniendo un compuesto de endurecimiento rápido que no es atacado por los gases ni por el calor. Sólomente debe usarse el compuesto especificado por el fabricante del accesorio.

Estos sellos son necesarios en los locales peligrosos, en las siguientes circunstancias :

- 1.- En donde el conduit entra a un blindaje a prueba de explosión que contiene un equipo de temperatura alta o que produce arco eléctrico (debe haber un sello a no más de 45 cm . del blindaje a prueba de explosión que se trata de aislar).
- 2.- Donde el conduit entra a cajas que contienen empalmes o derivaciones, cuando el conduit es de 5 cm, de diámetro o más.

SELECCION DE SELLOS



- A - Sellos EZD, con dren para instalación vertical, de 1/2 a 2-1/2".
- B - Sellos EYD, con dren para instalación vertical, de 3 a 6".
- C - Sellos EZS, para instalación vertical u horizontal de, 3-1/2 a 6".
- D - Sellos EZS, para instalación vertical u horizontal de, 1/2 a 3".
- E, F, G, Sellos EYS, para instalación vertical u horizontal de, 1/2 a 6".

3.- Donde el conduit sale del área División 1 ó pasa de un área - peligrosa División 2 a un área no peligrosa.

Frecuentemente se presenta la pregunta de si el National Electrical Code permite accesorios de unión entre el sello y el dispositivo que arquea, en una instalación en locales peligrosos.

El National Electrical Code, no restringe el uso - de uniones adyacentes al blindaje; puesto que estos accesorios están aceptados por UL sin restricción y son probados dentro de las peores condiciones posibles de presión y propagación de flama, no hay ninguna necesidad de evitar el uso de uniones entre el sello y el dispositivo que produce arco eléctrico ó alta temperatura.

Es obvio que los accesorios de unión deben instalarse apropiadamente, independientemente de su localización dentro del sistema. Las tuberías deben alinearse cuidadosamente de tal manera que no queden abiertas las juntas a prueba de explosión.

Los cambios alternados de temperatura y de presión - borométrica causan una " respiración " ó sea la entrada y circulación de aire por el conduit. Como las juntas en el sistema y sus componentes rara vez son herméticas para evitar esta respiración, la humedad del aire se condensa en la base de los tubos verticales y en los blindajes de equipos. Esto puede causar circuito - cortos ó tierras.

Para eliminar este problema deben instalarse accesos de inspección equipados con purgas a prueba de explosión que automáticamente eliminen el agua.

5.-) SISTEMAS A PRESION

Los sistemas a presión permiten la operación segura de equipo eléctrico en plantas de proceso químico, bajo condiciones de peligrosidad extrema para las cuales no hay disponible - comercialmente equipo adecuado. Por ejemplo la mayoría de los tableros de distribución y muchos motores grandes no pueden obtenerse en diseño aprobado para la Clase I grupos A y B.

Cuando haya la posibilidad de obtener los equipos necesarios a prueba de explosión y la posibilidad de una instalación a presión, convendrá seleccionar lo que ofrezca las mejores - ventajas económicas. Como ejemplo típico, si una instalación tuviera muchos instrumentos electrónicos que pudieran ser encerrados en un solo blindaje de lámina de metal, la instalación se presentaría para sujetarla a presión; sin embargo, si los instrumentos, debido a su naturaleza tuviera que ser instalados en cajas separadas entonces los blindajes a prueba de explosión resultarían seguramente más económicos.

Los blindajes a presión requieren :

- 1.- Una fuente de aire limpio.
- 2.- Un compresor para mantener la presión en el sistema.

(Hay varias opiniones sobre el valor que ésta presión debe tener: un valor mínimo generalmente aceptado es 2.5 mm de agua).

3.- Válvulas de control para evitar que se aplique la energía antes de que los blindajes sean purgados y para quitar la energía del sistema si la presión cae abajo del mínimo establecido.

Además, se requieren interconexiones en las puertas para evitar el acceso al equipo mientras los circuitos tengan energía. Se puede apreciar fácilmente que todos estos accesorios pueden representar gastos considerables.

La Instrument Society of America ha preparado recientemente sus recomendaciones tentativas ISA - RP - 124.4, " Instrument Purging for Reduction of Hazardous Area Classification ".

Esta publicación es parte de una serie cuyo propósito es sugerir procedimientos seguros y económicos para instalar instrumentos eléctricos en atmósferas peligrosas, contiene específicamente una técnica para reducir la clasificación de peligrosidad mediante la adición continua de aire o gas inerte a un blindaje para usos generales. Este principio está discutido en el National Electrical Code, capítulo 5, artículo 500, párrafo 500 - 1.

" En algunos casos el peligro puede ser reducido, o las áreas peligrosas pueden ser limitadas, por medio de ventilación adecuada con presión positiva de una fuente de aire limpio, en combinación con los elementos necesarios que aseguren una protección efectiva en contra de fallas de la ventilación". La INSTRUMENT SOCIETY, en sus recomendaciones, define la purga como la adición de aire o gas inerte dentro de un blindaje alrededor del equipo eléctrico, a presión y flujo suficientes para eliminar cualquier vapor peligroso y para evitar su regreso al blindaje.

- A.-) Los recintos purgados y presurizados para equipo eléctrico son aplicables tanto a localidades clase I, Divs. 1 y 2 como a las clases II divisiones 1 y 2.

El folleto núm. 496 de la N. F. P. A. denominado " Standard for Purged and Presurized. Equipment in Hazardous Locations " divide en tres tamaños los recintos para las áreas clase I y II;

- 1.- Pequeños, tales como para instrumentos.
- 2.- Grandes, tales como para motores y otros equipos de fuerza.
- 3.- Cuartos aislados, tales como cuartos de control.

Los sistemas de purga usados para áreas Clase I, se logran a base de inyectar aire limpio ó un gas inerte dentro del recinto, a una velocidad y presión suficiente, para reducir la concentración inicial del gas ó vapor inflamable a un nivel seguro y mantener este nivel por medio de una presión positiva, con ó sin un flujo continuo.

Las tres clasificaciones de purga consideradas son las siguientes.

Purga tipo X : Comprende los requisitos necesarios para reducir la clasificación del área dentro de un blindaje de la División I, (peligrosa a no peligrosa).

Purga tipo Y : Comprende los requisitos necesarios para cambiar la clasificación del área dentro de un blindaje de la División 1, (peligrosa) a la División 2, (normalmente no - peligrosa).

Purga tipo Z : Comprende los requisitos para reducir la clasificación, del área de la División 2 (normalmente no - peligrosa) a no peligrosa.

B.-) Para determinar cual de estos tipos emplear y que requerimientos de seguridad se precisan , es necesario considerar cada situación en particular.

Tipo X. Se requiere este tipo de purga cuando el recinto se encuentra clasificado en la división 1 y dentro de el se emplea equipo eléctrico ordinario con

contactos que producen chispa.

Tipo Y : Se requiere este tipo de purga cuando el recinto esta en una clasificación División I, y dentro de el se emplea equipo para División 2.

Tipo Z : Se requiere cuando un recinto esta en una área División 2 y dentro de el se emplea equipo eléctrico ordinario con contactos que producen chispa.

Debido a que la pérdida de purga de aire para un recinto tipo X crea condiciones peligrosas, la energía del equipo debe ser cerrada automáticamente cuando se pierde el flujo, cuando no es practicable ó no se desea, debe usarse la purga tipo Y. Con este tipo de purgado no es necesario que la energía sea quitada automáticamente, porque no es probable que ocurra simultáneamente una falla eléctrica y una concentración explosiva. Pero una alarma debe dar aviso de que se está perdiendo la purga, para que se tomen las medidas necesarias.

Los blindajes a presión también se usar algunas veces porque el aire seco y limpio dentro de las cajas previene daños y fallas en el equipo debidos a la humedad o corrosividad de la atmósfera ambiente.

Existen principalmente dos desventajas en estos equipos :

La primera es su complejidad. Debido a la variedad casi infinita de aparatos que deben ser encerrados: la mayoría de las instalaciones tendrían que ser diseñadas individualmente.

Por otro lado los sistemas a presión por su apariencia y por su contenido tan similar a aparatos eléctricos que le son familiares al personal de producción y mantenimiento invitan a manejarlos sin tomar en cuenta las normas rígidas de trabajo a que deben estar sujetos estos equipos, mientras que un blindaje a prueba de explosión desarrolla su función con éxito o no ser que se deliberadamente modificado.

6.- EQUIPO INTRINSECAMENTE SEGURO

Actualmente los sistemas eléctricos intrinsecamente seguros están utilizándose cada día con más frecuencia debido a la creciente automatización de los procesos industriales.

La fabricación de equipo intrinsecamente seguro - para áreas peligrosas se basa en la limitación de la energía requerida por el equipo o instrumento a un nivel tan bajo que no permita crearse una chispa ó generar un calor de superficie tal que inicie la ignición de un gas, vapor o polvo determinado.

El artículo 500 - 1 del Código Nacional Eléctrico (N E C) establece :

" Los equipos intrinsecamente seguros son incapaces de liberar suficiente energía eléctrica bajo condiciones de operación normales ó anormales, para causar la ignición de una atmósfera que contenga una mezcla peligrosa específica. Con condiciones anormales se incluye cualquier daño accidental a cualquier parte - del equipo, alambrado ó aislante ó cualquier otra falla eléctrica - de los componentes, aplicación de alto voltaje, operaciones de ajuste y mantenimiento y otras condiciones similares.

El reunir las condiciones anteriores en un equipo haría de este, practicamente, un equipo a prueba inclusive de mal uso.

La exigencia de mantenerse en estos equipos, a niveles muy bajos de energía limita la utilización de diferencias de potencial usuales para la conducción de la energía eléctrica; dando como resultado que su uso se enfoque principalmente a circuitos de control remoto para equipos ordinarios y para equipos electrónicos de transmisión de información.

Aunque la corriente y diferencia de potencial, que podrian considerarse seguras no se han determinado con exactitud - puede establecerse que :

" La energía desarrollada por un termopar ordinario es segura y que la conducción ordinaria a 120 V - 15 amperes - de un circuito no lo es ".

Sin embargo entre estos extremos existe una gran gama en la cual los parametros de los circuitos, no exactamente - voltaje y corriente, deben considerarse como determinantes de la - seguridad.

Se han efectuado considerables investigaciones para determinar la combinación más segura de diferencia de potencial corriente, e inductancia o capacitancia. El resultado ha sido - presentado en forma de curvas. Cada punto de la curva presenta una combinación de los parametros del circuito en la cual se a pro bado gran número de veces sin causar ignición, con los contactos -

cuidadosamente ajustados y en una atmósfera conteniendo la mezcla gas - aire más fácilmente ignicible del gas que se este probando. Además los puntos de la curva obtenidos experimentalmente se toman para el diseño considerando un factor de seguridad de cuatro.

Para que un circuito sea seguro tanto en condiciones normales como anormales de operación, se requiere una muy cuidadosa revisión del mismo, valorando cada componente en la posibilidad de que fallara, la naturaleza de la falla y el efecto sobre la seguridad del circuito como un todo.

7.- CONCLUSIONES.

- 1.-) En México se esta trabajando para obtener una reglamentación para instalaciones eléctricas en áreas peligrosas, adecuada y lo suficientemente difundida entre el medio de Ingenieros de proyectos que permita uniformar criterios. Mientras - tanto se propone utilizar las clasificaciones y requerimientos que exige el Código Nacional Eléctrico, y las normas de fabricación reconocidas internacionalmente las cuales pueden ser una base sólida para el establecimiento de dicha reglamentación y mientras tanto, una guía para la determinación de áreas peligrosas siguiendo un criterio aceptable.
- 2.-) La implantación de normas bien definidas para equipo permitiría establecer mejores prácticas dentro de las instalaciones en la industria.
- 3.-) Se necesitan especificaciones equivalentes a la RP - 500 - del American Petroleum Institute pero ajustadas a las necesidades de las industrias de procesos químicos, Estas especificaciones deberían incluir datos de distancias y concentraciones de gas para ayudar a la clasificación de las áreas.
- 4.-) Sería muy útil la existencia de especificaciones que definirían normas para el diseño y selección de equipo para lo

cales Clase 1, División 2 : ésta División tiene cada día más importancia en la industria de procesos químicos.

- 5.-) Sería de gran ayuda para usuarios e inspectores si algún organismo central pudiera decidir sobre las clasificaciones - que corresponden a muchos productos químicos que no están - mencionados en el National Electrical Code.

- 6.-) Existe una tendencia definida para clasificar las áreas peligrosas como Clase 1, División 2 más que como Clase,1, División 1. Como resultado de ésta tendencia se siente la necesidad de que los fabricantes amplien sus líneas de equipo Clase 1, División 1. En muchos casos el usuario no tiene otra alternativa que la de comprar equipo diseñado para ---- usarse en locales División 1. Los progresos que han lo--grado en los terrenos de dispositivos sin contactos, sellos herméticos y aparatos intrínsecamente seguros, deberán alentar los diseños de equipos eléctricos para usarse exclusivamente en locales División 2.

- 7.-) Los procesos controlados a distancia, es decir a control remoto que día con día aumentan en la industria de procesos - químicos incrementando la necesidad de cuartos de control - presurizados ó purgados. Porque en todo tiempo se tiene el cuarto libre de polvos y gases y el equipo eléctrico puede - ser de uso normal y no del tipo a prueba de explosión.

- 8.-) Se necesita una variedad más grande instrumentos en blindajes a prueba de explosión para áreas Clase 1, División 1 y Clase 1, División 2. Aún cuando el sistema de purgas y presión se usa ahora para instrumentos en muchas plantas, la instalación lógica sería la de blindajes a prueba de explosión, debido a su costo más abajo, si se pudieran obtener en el tamaño y peso adecuado.
- 9.-) Muchos ingenieros opinan que los fabricantes deberían ofrecer una gama más completa de blindajes del tipo a presión para instrumentos y aparatos eléctricos que no pueden fácilmente encerrarse en un blindaje a prueba de explosión. Estos blindajes a presión deberían constituir un sistema completo incluyendo interconexiones, medidores y otros accesorios.
- 10.-) El uso de equipo a prueba de explosión en instalaciones eléctricas en áreas peligrosas y su adecuada selección y aplicación es un punto de vital importancia, tanto para la seguridad de los equipos de proceso como para el personal que las opera.
- 11.-) Al considerar en el diseño de las plantas industriales, las instalaciones eléctricas con los equipos que mayor seguridad proporcionen evitando en un momento dado la

propagación de incendios ó explosiones dará como resultado Plantas que operen dentro de límites más amplios de seguridad, evitando además pérdidas económicas por paros y daños como consecuencia de siniestros.

8.- APENDICE

8.1 EXTINCION DE FUEGOS EN EQUIPOS ELECTRICOS.

El principal problema que se presenta al tratar de extinguir fuegos en equipos eléctricos es cuando éstos están energizados y por tanto representan un riesgo de impacto eléctrico para quien intente extinguirlos con un equipo portátil.

Con relación a los extinguidores portátiles a base de agua ó soluciones en agua, debido a su conductividad, no se recomiendan para usarse sobre fuego que envuelvan equipo eléctrico energizado (Clase C). Los extinguidores portátiles recomendables para este tipo de fuego son los que tienen como base : Bromotrifluorometano, dióxido de carbono ó productos químicos secos como bicarbonato de sodio ó potasio y fosfato de amonio.

Los extinguidores a base de dióxido de carbono equipados con cuerno metálico, no se consideran seguros para usarse sobre equipos eléctricos energizados y por tanto no se clasifican para usarse en fuegos clase C. ←

Cuando el equipo eléctrico está desenergizado pueden utilizarse, sin ningún riesgo, los extinguidores recomendados para clase A ó B dependiendo de las sustancias que se encuentren en las cercanías del equipo eléctrico.

Las pruebas de conductividad que se han efectuado a extinguidores portátiles que contienen agua indican que representa

un peligro de impacto eléctrico usarlo a la distancia a que son efectivos para apagar el fuego y si se usan a una distancia mayor en la cual se evitaría este peligro el chorro se dispersa de tal forma que resultan ineficientes.

Los extinguidores que contienen solamente agua (sin aditivos) pueden usarse a una distancia menor desde el punto de vista del acercamiento máximo sin que represente un peligro de impacto eléctrico; pero desde el punto de vista de la seguridad en general no se recomienda que se usen a una distancia menor de 122 cm (4 ft.), cuando se haga necesario emplear estos extinguidores.

Los extinguidores que usan una mezcla de polvos ya sea bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, ó fosfato de amonio, utilizan aditivos para permitir el almacenamiento de los mismos y para fluidizar la corriente al momento de emplearlos , así como con características de repelencia al agua. La mayor parte de estos aditivos son estearatos metálicos fosfatotricálcico ó silicones, los cuales cubren las partículas para que estas fluyan y evita el apelmazamiento por efecto de la humedad.

Los extinguidores que emplean bicarbonatos de sodio ó potasio se recomiendan para fuegos clase B y C. Y los que tienen como base fosfato de amonio se recomiendan para fuegos clase A, B y C.

Los agentes extinguidores halogenados cada vez se utilizan más, como el caso del bromotrifluormetano.

El bromotrifluormetano es una sustancia derivada del metano que a la temperatura y presión normales es un gas; sin embargo bajo presión pasa al estado líquido, volviendo a vaporizarse al encontrarse a la presión normal. Se utiliza como propelente en este tipo de extinguidores un gas inerte como el nitrógeno. Es conveniente hacer notar que de los derivados halogenados que se utilizan como extinguidores los que presentan una mayor efectividad son los que contienen bromo en su molécula; Se recomiendan y están indicados para uso en fuegos clase C debido a que estos compuestos tienen enlaces químicos del tipo de covalencia y por lo mismo no se ionizan y debido a esto no ayudan a la conductividad eléctrica.



+ Para este apéndice se consultó el FIRE PROTECTION HANDBOOK -
13a. Edición Secciones 15 y 18; Editado por N. F. P. A.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Angern John and Short, Walter Korver .
" Electrical Systems in hazardous locations " .
Electrical Constructions and Maintenance Vol. 73.
Núms 3, 4 y 8 (1974).
- 2.- Crouse - Hinds - Domex, S. A. de C. V .
" Guia para la seguridad en áreas con procesos pe
ligrosos ó con atmósferas explosivas " (1973) .
- 3.- Electrical Constructions and Maintenance.
Vol. 70 Núm. 10 (1972).
- 4.- Hickes W. F. Le Vine Richard, Short Walter.
" Electrical Safety in process plants " .
Chemical Engineering.
Vol. 79 Núm. 9. Mayo (1972).
- 5.- Jenkins John :
" Electrical equipment for explosi3n - proof.
Planta Engineering 9 (1962).
- 6.- National Fire Protection Association -
National Electrical Code (1975).

- 7.- Olmos Alor Sergio :
Congreso Panamericano de Ingeniería Eléctrica
y Ramas afines (1965).
- 8.- Ramírez A. Jorge :
II Seminario de Ingeniería Eléctrica Petro
lera, Quinta mesa redonda, Tema II.
- 9.- Watt H. John :
" NFPA Handbook of the National Electrical -
Code ". Mc. Graw - Hill Book Company -
3a. ed. (1972).
- 10.- Woinsky Samuel :
" Predicting Flamable - Material Classi
fications ". Chanical Engineering.
Vol. 79 Núm. 26 Nov. 1972.