

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"INSTALACIONES INDUSTRIALES ESPECIALES, EQUIPOS  
Y MATERIALES ANTIEXPLOSION"

TESIS DE GRADO  
Previa a la obtención del Título de:  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACION POTENCIA

Presentada por:  
LINO MARCELO OBANDO DIAZ

GUAYAQUIL - ECUADOR

1.987

## A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing. LEO SALOMON, por su dirección en la elaboración de este trabajo.

A los Ingenieros JUAN GALLO y JORGE DIAZ por su ayuda que me brindaron.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
Dpto. de Ingeniería Eléctrica  
BIBLIOTECA

Inv. No. \_\_\_\_\_

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS



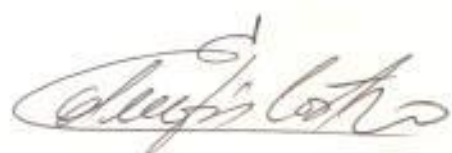
ING. GUSTAVO BERMUDEZ F.  
Sub-Decano  
Facultad de Ingeniería  
Eléctrica



ING. LEO SALOMON G.  
Director de Tesis



ING. ALBERTO HANZE B.  
Miembro del Tribunal



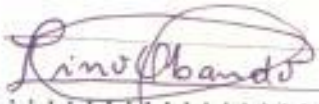
ING. EDUARDO LEN C.  
Miembro del Tribunal



## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

  
.....  
LINO M. OBANDO DIAZ

## R E S U M E N

Este trabajo está dedicado al estudio técnico de como se debe realizar las instalaciones eléctricas en atmósferas peligrosas, para esto se empieza dando algunas definiciones básicas, luego se tiene una clasificación de las atmósferas peligrosas para lo cual se ha considerado las características físicas y químicas, así como las sustancias y elementos presentes en la atmósfera, con lo cual se realiza una clasificación de las áreas por el grado de peligrosidad, dando recomendaciones para clasificar estas áreas.

En presencia de estas atmósferas peligrosas deberá ocurrir un efecto sea este eléctrico o atmosférico para que exista la posibilidad de que ocurra una explosión; de ahí que se realiza un estudio de estos efectos y las medidas de protección, para esto se ha analizado los efectos tales como: el arco eléctrico, sobrecarga, fallas, fenómenos atmosféricos, etc., que se puede producir en las instalaciones o equipos.

Una de las protecciones principales es la de puesta a

tierra, razón por la cual se realiza un estudio de la ma  
nera como se debe poner a tierra las distintas partes y  
elementos de una planta.

Para realizar las instalaciones en áreas peligrosas se  
necesitan de equipos y materiales especiales; el tipo y  
las características dependen del grado de peligrosidad  
del área en donde van a ser instaladas. Se da entonces  
especificaciones y recomendaciones para varios tipos de  
equipos y materiales dependiendo del área.

Con la selección de los equipos y materiales a ser utili-  
zados se procede a realizar las instalaciones, para lo  
cual se dan criterios de cómo realizar las instalaciones  
eléctricas en áreas peligrosas de acuerdo a su clasifica-  
ción.

Se dan criterios específicos para determinar las áreas  
peligrosas así como para realizar las respectivas insta-  
laciones en determinadas ubicaciones especiales, tales  
como: gasolineras, plantas de embasado, etc.

Para terminar este trabajo se realiza un ejemplo, el  
cual consiste en la realización de un diseño de una plan  
ta industrial que tiene que ver con el tipo de instala-  
ciones en atmósferas peligrosas.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	VI
INDICE GENERAL .....	VII
INDICE DE FIGURAS .....	XIII
INDICE DE TABLAS .....	XIX
INTRODUCCION .....	XXI
I. CAPITULO .....	29
CLASIFICACION DE LAS ATMOSFERAS EXPLOSIVAS Y AREAS PELIGROSAS. ....	29
1.1 Atmósferas explosivas .....	29
1.1.1 Definición .....	29
1.1.2 Características físicas y químicas de las atmósferas peligrosas. ....	29
1.1.3 Substancias y elementos que hacen una atmósfera peligrosa. ....	30
1.1.4 Substancias explosivas presentes en determinadas industrias. ...	32
1.2 Areas peligrosas .....	33
1.2.1 Definición .....	33
1.2.2 Clasificación de las áreas peligrosas. ....	33
1.2.3 Consideraciones aplicables a instalaciones industriales. ....	41
1.2.4 Determinación de separaciones de las áreas peligrosas. ....	42
1.2.5 Recomendaciones para clasificar las áreas por extensiones. ....	45

1.2.6	Procedimiento para clasificar las áreas. ....	51
II.	CAPITULO .....	59
	EFFECTOS ELECTRICOS QUE PODRIAN PRODUCIR EXPLOSION. ....	59
2.1	Definición .....	59
2.2	Conexión y desconexión de equipos ....	59
2.2.1	El arco eléctrico .....	60
2.2.1.1	Como se produce .....	60
2.2.1.2	Efectos que produce ...	62
2.2.1.3	Medidas de protección .	63
2.3	Causas que producen sobrecarga .....	65
2.3.1	Efectos que producen la sobrecarga. ....	65
2.3.2	Medidas de protección .....	66
2.4	Calentamiento de equipos .....	67
2.4.1	Causas .....	67
2.4.2	Efectos del calentamiento de equipos. ....	68
2.4.3	Medidas de protección .....	69
2.5	Fallas y fenómenos que pueden producirse en las instalaciones o equipos. ....	70
2.5.1	Fallas de cortocircuito .....	70
2.5.2	Fallas entre los conductores activos y partes metálicas que no transportan corriente. ....	71
2.5.3	Descargas atmosféricas.....	
2.5.4	Acumulación de cargas estáticas .	72
2.5.5	Medidas de protección .....	77
III.	CAPITULO .....	83



PUESTA A TIERRA .....	83
3.1 Introducción .....	83
3.2 Consideraciones generales .....	83
3.3 Consideraciones del terreno .....	84
3.3.1 Clases de terreno .....	85
3.3.2 Resistencia del terreno .....	85
3.4 Resistencia de puesta a tierra .....	86
3.5 Aplicación .....	86
3.6 Tuberías .....	88
3.7 Conductores .....	88
3.8 Consideraciones especiales a la industria petrolera. ....	90
3.9 Puesta a tierra tipo .....	91
3.9.1 Características generales .....	91
3.9.2 Esquema ilustrativo .....	93
IV. CAPITULO .....	95
ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y MATERIALES EN AREAS PELIGROSAS. ....	95
4.1 Equipos y materiales en áreas peligrosas. ....	95
4.1.1 Definición .....	95
4.1.2 Justificación de utilización de estos equipos y materiales a prueba de explosión. ....	96
4.1.3 Requerimientos de los equipos y materiales a prueba de explosión. ....	97
4.2 Equipos y materiales intrínsecamente seguros. ....	98
4.2.1 Definición .....	98

4.2.2	Justificación de utilización de estos equipos y materiales. ...	98
4.2.3	Requerimientos de los equipos y materiales intrínsecamente seguros. ....	99
4.3	Equipos y materiales de seguridad aumentada. ....	100
4.4	Equipos sumergidos en aceite .....	100
4.5	Equipos presurizados .....	100
4.6	Clases de equipos y materiales de acuerdo a cada área. ....	100
V.	CAPITULO .....	150
	INSTALACIONES EN LAS AREAS PELIGROSAS .....	150
5.1	Consideraciones generales.....	150
5.2	Instalación de conductores .....	151
5.3	Instalación de canalizaciones y conductos. ....	162
5.4	Instalación de cajas metálicas .....	168
5.5	Instalación de tableros de distribución	170
5.6	Instalación de sellos .....	172
5.7	Instalación de motores y generadores .	181
5.8	Instalación de transformadores y condensadores. ....	184
5.9	Instalación de interruptores, conmutadores, resistencias y fusibles. ....	187
5.10	Instalación del sistema de alumbrado .	189
5.11	Diagramas tipos de instalaciones en algunas áreas. ....	191
5.11.1	Diagrama de sellos y ajustes .	191

5.11.2	Diagrama de instalaciones de fuerza en clase I, División 1.	192
5.11.3	Diagrama de instalaciones de alumbrado en Clase I, División 1. ....	193
5.11.4	Diagrama de instalaciones de fuerza y alumbrado en Clase II, División 2. ....	194
5.11.5	Diagrama de instalaciones de alumbrado en Clase II. ....	195
5.11.6	Diagrama de instalaciones de fuerza en Clase II. ....	196
VI,	CAPITULO .....	197
	UBICACIONES ESPECIALES .....	197
6.1	Generalidades .....	197
6.2	Postes de gasolina y estaciones de servicio. ....	198
6.3	Plantas de almacenamiento .....	202
6.4	Procesos de acabado .....	206
6.5	Anastésicos combustibles .....	209
VII,	CAPITULO .....	213
	REDISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA ENVASADORA DE G.L.P. DE SANTO DOMINGO. ...	213
7.1	Descripción de la planta .....	213
7.2	Análisis del diseño actual de la planta. ....	214
7.3	Justificación del rediseño .....	216
7.4	Rediseño de la planta .....	216
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	257
	BIBLIOGRAFIA .....	260



## I N T R O D U C C I O N

En el Ecuador, un país en desarrollo la creación o ampliación de plantas o industrias ha sido notable y en lo posterior seguirá siéndolo, esto debido a que la población crece y cada vez se ve la necesidad de producir más.

Muchas de estas plantas o industrias tienen que ver con productos cuya materia prima es el petróleo; esto es lógico ya que el petróleo es el recurso más explotado en nuestro país; otros tipos de industrias que se están creando son aquellas que están relacionadas con la madera, granos y la minería que en la actualidad ha tomado auge y está impulsada por el Gobierno Nacional.

Estas industrias durante su almacenamiento o su proceso utilizan o manipulan elementos combustibles (inflamables) cuya presencia crea condiciones de peligro para personas y bienes. Los diseñadores o constructores eléctricos debido a las condiciones de peligro que presentan estas industrias, deberán tener especial cuidado al realizar los diseños eléctricos y una mayor tecnificación en las instalaciones eléctricas y en el montaje de los equipos a usarse en las mismas, para hacer de estas instalaciones seguras y adecuadas.

Por lo expuesto anteriormente se ve la necesidad de dar en el presente trabajo criterios fundamentales que se deben aplicar para determinar el grado de peligrosidad que presenta un local con respecto a las instalaciones eléctricas o montaje de equipos y dispositivos eléctricos, así como los requerimientos de los equipos y materiales a utilizar.

Se da entonces una guía a quien lo necesite para realizar determinado trabajo, para que con la determinación y aplicación cuidadosa de estos criterios traiga consigo grandes beneficios, tales como la seguridad de la vida de las personas (ingenieros, instaladores, operadores, etc., y otras particulares) que están expuestas a accidentes ocasionados por la electricidad y la adecuada protección de inversiones y los equipos instalados.

Para tener una mejor comprensión sobre lo que se expone en este trabajo, se definen a continuación algunos términos:

#### DEFINICIONES GENERALES:

A continuación se definen aquellos términos más utilizados en el presente trabajo, lo cual facilitará para una mejor comprensión del mismo.

1. Temperatura de evaporación.-

Se lo define como la más baja temperatura a la cual un determinado líquido desprende vapor en cantidades suficientes para formar mezclas con carácter explosivo al mezclarse con el aire.

2. Temperatura de efluvio.-

Se lo define como la mínima temperatura de una superficie libre caldeada (calentada) a la que se inicia la inflamación de un depósito de polvo inflamable de 5mm. de espesor.

3. Temperatura de ignición.-

Se lo define como la mínima temperatura, que siendo aplicada a una mezcla inflamable que en forma de gas o polvo con aire puede producirse una explosión o fuego. También una determinada materia que se encuentre en reposo (polvo) sobre una superficie caldeada puede incluso llevar a explotar si se arremolina con aire.

Un breve comentario sobre la definición dada se dá a continuación; es importante en determinados luga-

res, no permitir que se acumule de materias inflamables en un cierto espesor, ya que si la temperatura puso un cierto límite, cabe la posibilidad de que se produzca fuego, o provocar una explosión.

4. Densidad de vapores, gases o polvos.-

Se considera la densidad de los vapores o gases con respecto al aire.

5. Límites explosivos.-

Cuando los vapores o gases se mezclan con el aire u oxígeno hay una concentración mínima del gas o vapor por debajo de la cual la propagación de la llama no ocurre al contacto de la mezcla con una fuente de ignición.

Existe también una concentración máxima sobre la cual la propagación de la llama no ocurre.

Estas líneas limitadoras de las mezclas se conocen como los límites explosivos más bajo y más alto, y generalmente están expresados en términos de porcentaje de gas o vapor en el aire, por volumen.

6. Mezcla explosiva.-

Es la mezcla de aire con vapores, gases o polvos, en tales proporciones, que en contacto con una energía calorífica a temperatura de ignición o mayor, ocasionen fuego o una explosión.

7. Lugar húmedo.-

Local en el cual reina un grado de humedad moderado, como sótanos, cámaras frigoríficas, etc.

8. Lugar mojado.-

Local saturado de humedad, bien de agua o de otros líquidos como ocurre con los situados a la interperie.

9. Lugar seco.-

Local que normalmente tiene un porcentaje (%) bajo de humedad.

10. Lugar ventilado.-

Local provisto de algún medio que permita la circula



ción del aire en cantidad suficiente para hacer desaparecer todo exceso de calor, humo, gas o vapor.

11. Lugar peligroso.-

Es un local o parte de un local en el cual sustancias inflamables en condiciones normales o anormales de operación, pueden encontrarse presentes en cantidades suficientes capaces de formar mezclas explosivas o inflamables.

12. Dispositivo.-

Accesorio de un sistema eléctrico destinado a llevar la energía eléctrica, pero no a utilizarla.

13. Equipo.-

Término general en el cual quedan incluidos materiales, ajustes, dispositivos, aparatos y todo lo que se emplea como parte de una instalación eléctrica, o que tiene relación con ella.

14. Acometida.-

Conjunto de conductores y accesorios utilizados para

transportar la energía del sistema de suministro de electricidad, a la instalación eléctrica de un edificio.

15. Askarel.-

Un líquido sintético aislante no inflamable, que cuando se descompone con el arco eléctrico, produce únicamente gases no explosivos.

16. Caja.-

Aparato que permite que un dispositivo eléctrico se aisle del medio que lo rodea.

17. Canalización.-

Conducto o tubo cuyo fin es alojar conductores eléctricos en una instalación eléctrica.

18. A prueba de intemperie.-

Significa que se construye o protege de tal manera que la exposición a la intemperie no ha de interferir con una operación satisfactoria.

19. Listado.-

Todo equipo o material incluido en una lista publicada por un laboratorio de pruebas reconocido, agencia de inspección u otra organización relacionada con la evaluación de productos.

20. Marcado.-

Todo equipo o material al cual se ha fijado una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un laboratorio de pruebas reconocido, agencia de inspección, u otra organización relacionada con la evaluación de productos.

21. Autoridad competente.-

Organización, oficina o individuo responsable de la aprobación del equipo, instalación o un procedimiento.

22. Aprobado.-

Aceptado por la autoridad (entidad) encargada de hacer cumplir determinadas normas para la realización adecuada de instalaciones eléctricas, precautelando de esta manera la seguridad.



## CAPITULO I

### CLASIFICACION DE LAS ATMOSFERAS EXPLOSIVAS Y AREAS PELIGROSAS.

#### 1.1 ATMOSFERAS EXPLOSIVAS.-

##### 1.1.1 Definición.-

Se considera a una atmósfera como explosiva o peligrosa a aquella en la cual existe la presencia de una mezcla explosiva.

##### 1.1.2 Características físicas y químicas de las atmósferas peligrosas.-

Estas características dependen del tipo de sustancias que se encuentren presentes en determinada mezcla explosiva; las mismas que estarán definidas por su temperatura de evaporación, temperaturas de ignición, límites explosivos y densidad. Las características de los gases y vapores, inflamables; así como también de los polvos combustibles, están dadas en las Tablas I; II-A; II-B y III res

pectivamente.

### 1.1.3 Substancias y elementos que hacen una atmósfera peligrosa.-

La peligrosidad de una atmósfera explosiva depende entre otros factores, de la cantidad de gases, vapores, polvos; que se necesitan para formar con la atmósfera una mezcla explosiva.

Se ha agrupado a los gases o vapores inflamables en grupos que tengan características similares de inflamación.

#### GRUPO A:

Atmósferas que contienen acetileno

#### GRUPO B:

Atmósferas que contienen hidrógeno o gases de peligro equivalente, tal como el gas de alumbrado.

#### GRUPO C:

Atmósferas que contengan vapores de éter etílico, éter etileno o ciclopropano.

GRUPO D:

Atmósferas que contengan vapores de gasolina, hexano, nafta, bencina, butano, propano, alcohol, acetona, benzol, gas natural o vapores de disolventes de lacas.

Se han agrupado polvos que tengan las mismas características de explosividad, y son los siguientes:

GRUPO E:

Atmósferas que contengan polvos metálicos, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales, y otros metales de características así mismo peligrosas.

GRUPO F:

Atmósferas que contengan negro de humo, polvos de carbón o de coque.

Se han agrupado atmósferas que contienen, polvos orgánicos o vegetales, se tiene el siguiente grupo:

GRUPO G:

Atmósferas que contienen harina, almidón o polvo de granos.

Las explosiones ocurren únicamente dentro de ciertos rangos de composición que vienen determinados por los límites de explosividad (Tabla I).

1.1.4 Substancias explosivas presentes en determinadas industrias.-

Las sustancias explosivas que, frecuentemente están presentes en determinadas industrias están dadas en las Tablas I, II-A; II-B y III. Estas sustancias a la vez se encuentran clasificadas en grupos, de acuerdo a las características de las mismas. Esto es importante considerar en una industria ya que de acuerdo a estas consideraciones se determina el tipo de equipos y materiales a

utilizar para una localización particular, de esto se mencionará y explicará claramente en capítulos posteriores.

## 1.2 AREAS PELIGROSAS.-

### 1.2.1 Definición.-

Una área es considerada peligrosa cuando en esta existe sustancias inflamables en condiciones normales o anormales de operación en cantidades suficientes, capaces de formar mezclas explosivas o inflamables.

### 1.2.2 Clasificación de las áreas peligrosas.-

La importancia de la determinación de una área peligrosa radica fundamentalmente en la seguridad que debe prestar una instalación, con la utilización de equipos y materiales apropiados para dichas áreas; y en la economía de la instalación lo cual se obtiene instalando los equipos y materiales apropiados (por lo tanto más costosos) solamente en los lugares donde realmente hay peligro.

Los factores que intervienen en la determinación de un lugar peligroso son principalmente:

- Tipo de local o área (abierto, cerrado) y grado de ventilación.
- Ubicación de la fuente que origina la disipación o escape de las sustancias o materiales inflamables.
- Cantidad y tipo de material inflamable que es disipado.
- Temperatura ambiental y temperatura superficial de los equipos.

Se ha realizado la clasificación de las áreas en lugares peligrosos en base a la del Código Eléctrico Nacional Norteamericano (NEC) cuya aplicación es la más aplicada y comprende todas las posibilidades de ambientes que pueden ser encontrados en la industria.

Se conocen dos divisiones de las áreas con atmósferas peligrosas las cuales se distin-



guen en función de la frecuencia con que se presenten dichas atmósferas:

#### DIVISION 1:

Son aquellas áreas, en las que durante condi ciones normales de operación, en forma conti nua, o con frecuencia están rodeadas por atmósferas explosivas.

#### DIVISION 2:

Son aquellas áreas, en las que en condiciones normales de operación, se encuentran rodeadas por atmósferas explosivas en determinada cantidad, o que en condiciones normales de operación con poca frecuencia están rodea das por atmósferas explosivas.

Se ha clasificado a los lugares peligrosos en tres clases de acuerdo al grado de peligrosidad que presenta cada lugar; así enton ses se tiene la siguiente clasificación:

#### LUGARES CLASE I:

Son aquellos en los cuales están o pueden estar presentes gases o vapores inflamables en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables.

Los lugares clasificados como Clase I se subdividen en:

#### LUGARES CLASE I, DIVISION 1:

Lugares en los cuales las concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables existen continuamente, interrumpidamente o periódicamente bajo condiciones normales de trabajo.

Las fuentes de peligro que dan lugar a áreas de esta clase pueden presentarse en los siguientes locales:

Áreas en donde se transvasen líquidos volátiles inflamables, o gases inflamables licuados de un recipiente a otro; los interiores de las casetas de esmaltado al duco, y las áreas en la proximidad de los lugares en que se realicen operaciones de esmaltado al du-



co o de pintura, donde se emplean disolventes volátiles inflamables, lugares que contengan tanques abiertos o tinas de líquidos volátiles inflamables; secadores o compartimientos para la evaporación de disolventes inflamables; lugares que contengan aparatos para la extracción de grasas y aceites, partes de las plantas de limpieza y tintorería en las que se empleen líquidos peligrosos; salas generadores de gas y otras partes de las plantas de fabricación de gas en las que puedan haber escapes de gas; salas de bombas inadecuadamente ventiladas para gases inflamables o líquidos volátiles inflamables y todos los demás lugares en los cuales puedan existir concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables durante el funcionamiento normal de las operaciones.

#### LUGARES CLASE I, DIVISION 2:

Las fuentes de peligro que dan lugar a áreas de esta clase pueden presentarse en los siguientes lugares:

En los lugares, en los cuales líquidos volá-

tiles o gases inflamables son manejados, procesados y usados pero los cuales normalmente se encuentran confinados dentro de recipientes o sistemas cerrados de los cuales solo pueden salir o escapar en caso de una rotura accidental, avería u operación anormal del equipo.

Los lugares utilizados para almacenar gases licuados y líquidos peligrosos contenidos en recipientes herméticamente cerrados, no se considerarán normalmente peligrosos, a menos que estén sometidos a otras condiciones de peligros.

#### LUGARES CLASE II:

Los lugares de Clase II, son aquellos que son peligrosos debido a la presencia de polvos combustibles.

Los lugares clasificados como Clase II se subdividen en:

#### LUGARES CLASE II, DIVISION 1:

Esta clasificación incluirá corrientemente las áreas donde se trabaje el grano, así como las plantas de almacenamiento del mismo, las plantas en donde se trabajen en grano, almidón, pulverización de azúcar, y otras ubicaciones de naturaleza análoga; plantas de pulverización de carbón, todas las áreas de trabajo donde se produzca, traten, manipulen, embalen o almacenen toda clase de polvos; y los demás lugares análogos donde, en condiciones normales de funcionamiento, puede haber en el aire polvo combustible en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables. Los polvos metálicos de magnesio, aluminio y bronce de aluminio son particularmente peligrosos, y habrá que tomar todas las precauciones para evitar su ignición y explosión.

#### LUGARES CLASE II, DIVISION 2:

Los lugares donde no sean probables las concentraciones peligrosas de polvo en suspensión, pero en las cuales puedan formarse acumulaciones de polvo sobre el equipo eléctrico, en su interior y en su proximidad, comprenden las salas y áreas que contienen ace-

recadoras y aventadoras cerradas, tolvas y canales cerrados, o máquinas y equipos de los cuales solamente puedan escapar cantidades apreciables de polvo cuando se produzcan condiciones anormales de funcionamiento; las bodegas en donde se almacenen o manipulen materiales que produzcan polvo, y estén contenidos en sacos o recipientes; y otros lugares análogos.

#### LUGARES CLASE III:

Los lugares de la Clase III, son peligrosos debido a la presencia de fibras y volátiles inflamables, pero en los cuales no es probable que dichas fibras o volátiles se hallen en suspensión en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables.

Los lugares clasificados como Clase III se subdividen en:

#### LUGARES CLASE III, DIVISION 1:

Comprenden determinadas partes de las fábricas de rayón, algodón y otros productos texti

les; plantas para el proceso y fabricación de fibras combustibles; máquinas desmantadoras de algodón y de semillas de algodón; plantas para el tratado del lino; plantas de fabricación de tejidos; plantas de carpintería y establecimientos o industrias que contengan análogas condiciones o procesos de peligro.

Las fibras y volátiles fácilmente inflamables comprenderán en rayón, algodón, fibra de cacao, virutas de relleno, y otros materiales de análoga naturaleza.

#### LUGARES CLASE III, DIVISION 2:

Lugares en los cuales se almacenen o manipulen fibras fácilmente inflamables; excepto en procesos de fabricación.

#### 1.2.3 Consideraciones aplicables a instalaciones industriales.-

Será de mucha importancia en una instalación industrial, la determinación de los lugares peligrosos lo cual radica fundamentalmente en las consideraciones en la seguridad que



Inv. No. \_\_\_\_\_

debe prestar una instalación, con la utilización de equipos y materiales apropiados para dichos lugares; y en la economía de la instalación lo cual se obtiene instalando equipos y materiales apropiados (lo cual resultará ser más costos) solamente en los lugares donde realmente hay peligro.

#### 1.2.4 Determinación de separaciones de las áreas peligrosas.-

Los límites de las áreas peligrosas ocasionadas por alguna fuente de peligro, dependen entre otros factores, de los siguientes:

Tipo de la fuente de peligro

Cantidad de los líquidos inflamables o gases fugados.

Densidad de los vapores o gases

Polvo específico que se tenga

Tipo de ventilación

Debido a que los factores mencionados son muy variables, no es posible definir exactamente los límites de las áreas peligrosas, por consiguiente a continuación se darán únicamente

recomendaciones mínimas, expuestas por normas y/o reglamentos de entidades encargadas de precautelar la seguridad de el personal y de la planta.

Se tiene entonces para la determinación de separaciones de las áreas peligrosas los criterios siguientes:

- a) En caso de que no existan paredes, cubiertas o cualquier otro obstáculo, y en ausencia de corrientes de aire, los vaores se dispersan en todas las direcciones dependiendo solamente de la densidad del vapor y de la velocidad de dispersión. Entonces sí consideramos la fuente de peligro como un punto, el área horizontal que cubrirían estos vapores sería un círculo.
  
- b) Para vapores más pesados que el aire y que se disipan a un determinado nivel el área de mayor concentración de peligro estaría a niveles inferiores al punto de disipación y a medida que la altura incrementa el peligro disminuye por cuanto la concentración de vapores también disminu-

ye. Para vapores más livianos que el aire sucede lo contrario, es decir que el mayor peligro se encuentra a niveles superiores al punto de disipación de los vapores.

- c) Los límites de una área clasificada se ven alterados cuando los vapores escapan bajo presión en cuyo caso el área se ve extendida, o en el caso de que existan ligeras corrientes de aire lo cual haría que el área se extienda en dirección de la corriente de aire.

En la práctica se ha demostrado que vapores más pesados que el aire se dispersen rápidamente en áreas adecuadamente ventiladas, por esta razón áreas exteriores o áreas que tienen una ventilación equivalente a un área exterior son generalmente clasificadas como División 2. Sin embargo, cuando la ventilación es inadecuada las concentraciones de vapor aumentan y esta situación justifica para que una área sea clasificada como División 1.

Es aconsejable en el diseño de construccio-



nes destinadas a la industria petrolera proveer de una ventilación adecuada, considerando el volumen del edificio, el área ocupada, la dimensión y el número de ventanas, de esta forma se reducen considerablemente las áreas Clase I, División 1.

El volumen de líquido o vapor disipado es de extremada importancia en la determinación de la extensión de una área clasificada, y en esta consideración se necesita una excelente aplicación de criterios seguros de ingeniería.

#### 1.2.5 Recomendaciones para clasificar las áreas por extensiones.-

Las siguientes recomendaciones se hacen en base a análisis cuidadosos hechos en la mayoría de las refinerías de petróleo, así como recurriendo a datos recopilados de acuerdo a la experiencia.

1. En el caso de que los líquidos o vapores inflamables que son manejados o procesados son más pesados que el aire:

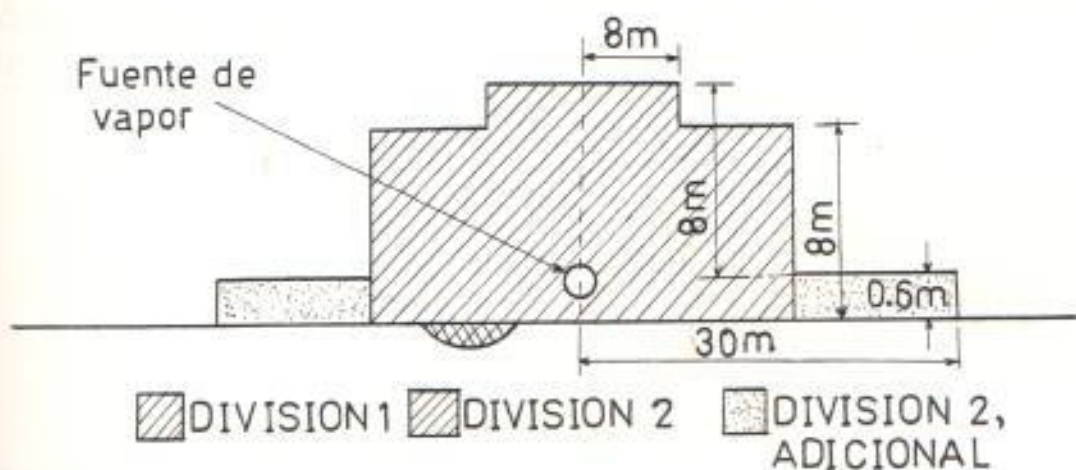


FIGURA 1.1.- AREA ADECUADAMENTE VENTILADA (FUENTE DE PELIGRO CERCA DEL PISO).

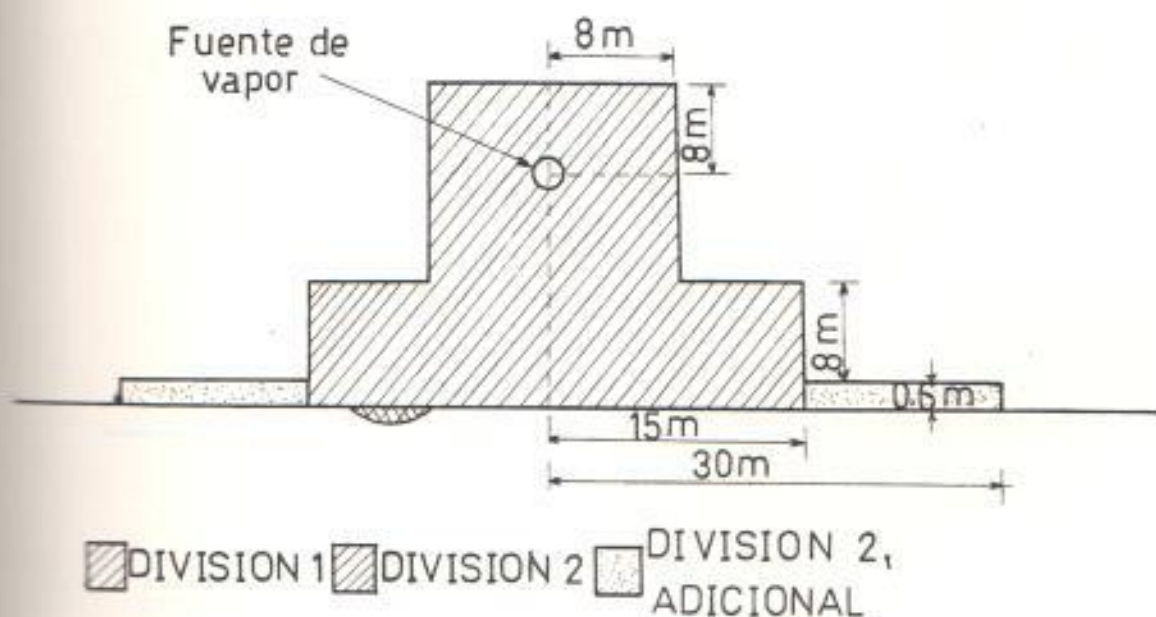


FIGURA 1.2.- AREA ADECUADAMENTE VENTILADA (FUENTE DE PELIGRO ARRIBA DEL PISO).

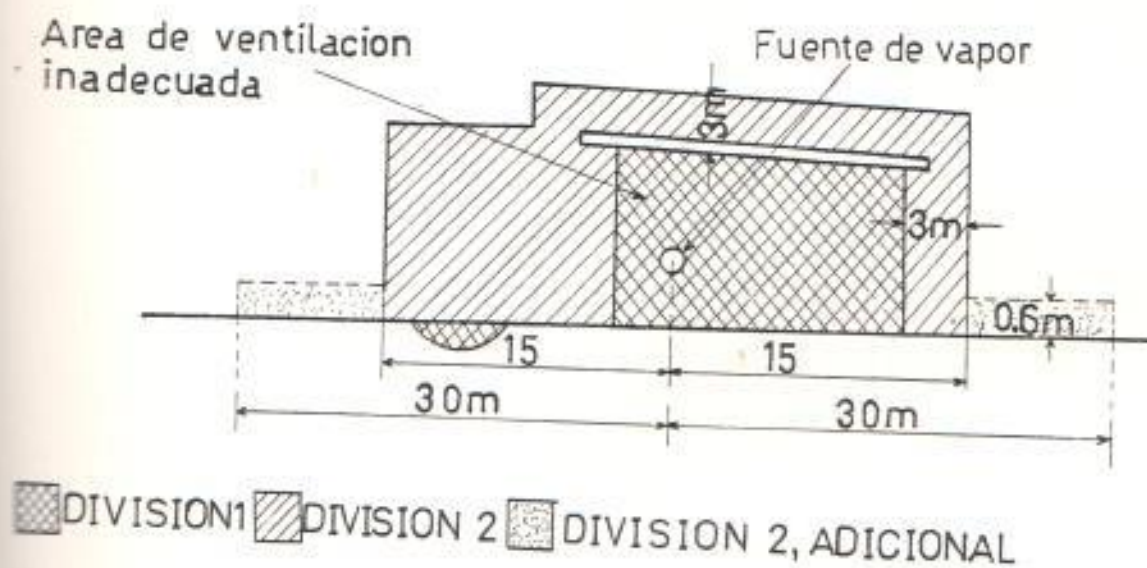


FIGURA 1.3.- AREA CON VENTILACION ADECUADA

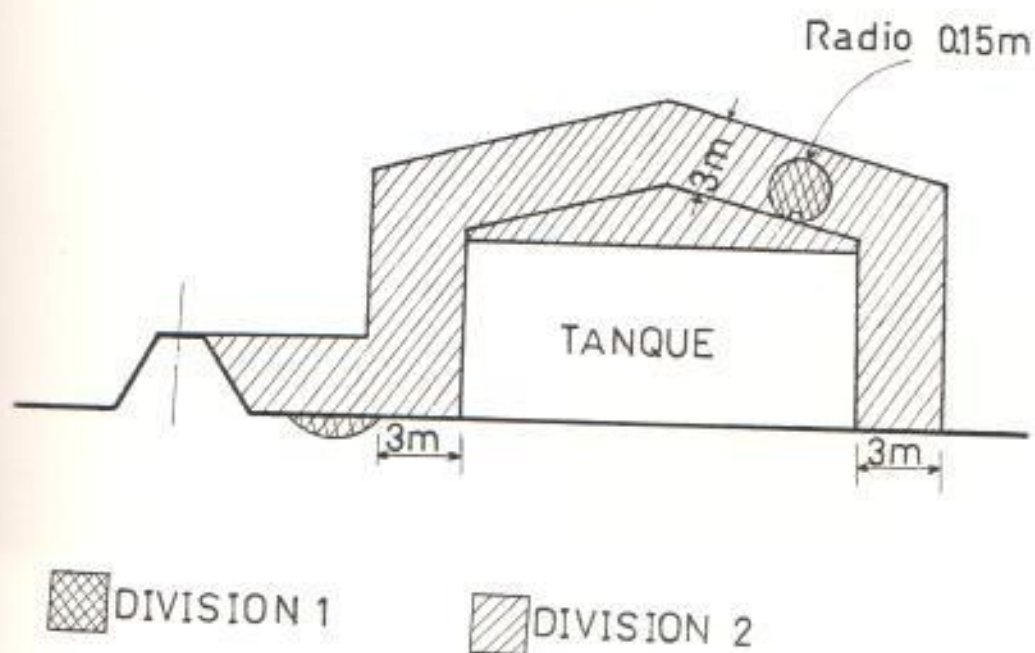


FIGURA 1.4.- TANQUE CON VENTILACION ADECUADA

a) En sistemas cerrados dentro de áreas adecuadamente ventiladas, las Figuras 1.1 y 1.2 muestran la manera como se clasifican las áreas de acuerdo a su distancia al foco de peligro.

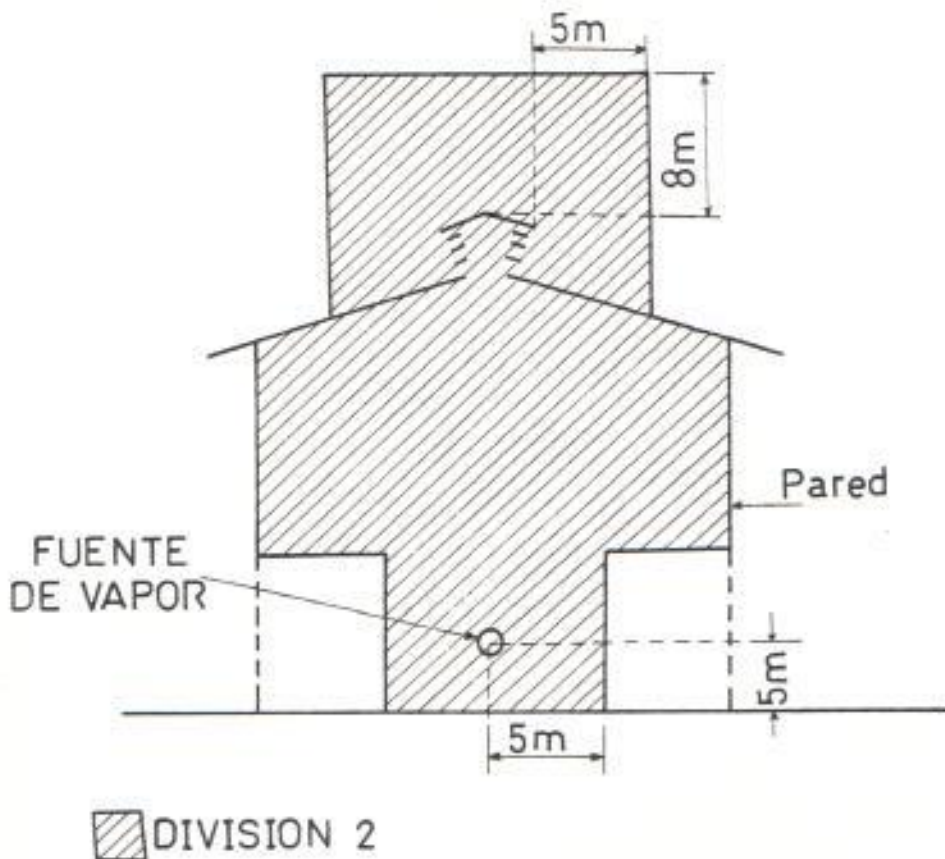


FIGURA 1.5. SISTEMA CERRADO CON VENTILACION ADECUADA PARA VAPORES MAS LIVIANOS QUE EL AIRE.

2. En caso de que los gases inflamables manejados sean más livianos que el aire.

1) En sistemas cerrados, dentro del área



del proceso adecuadamente ventiladas, ver la clasificación indicada en las Figuras 1.1, 1.2 y 1.5.

- b) En sistemas cerrados dentro de áreas de proceso con ventilación inadecuada, ver en las Figuras 1.3 y 1.6. Para cubiertas de compresores ver la Figura 1.6.

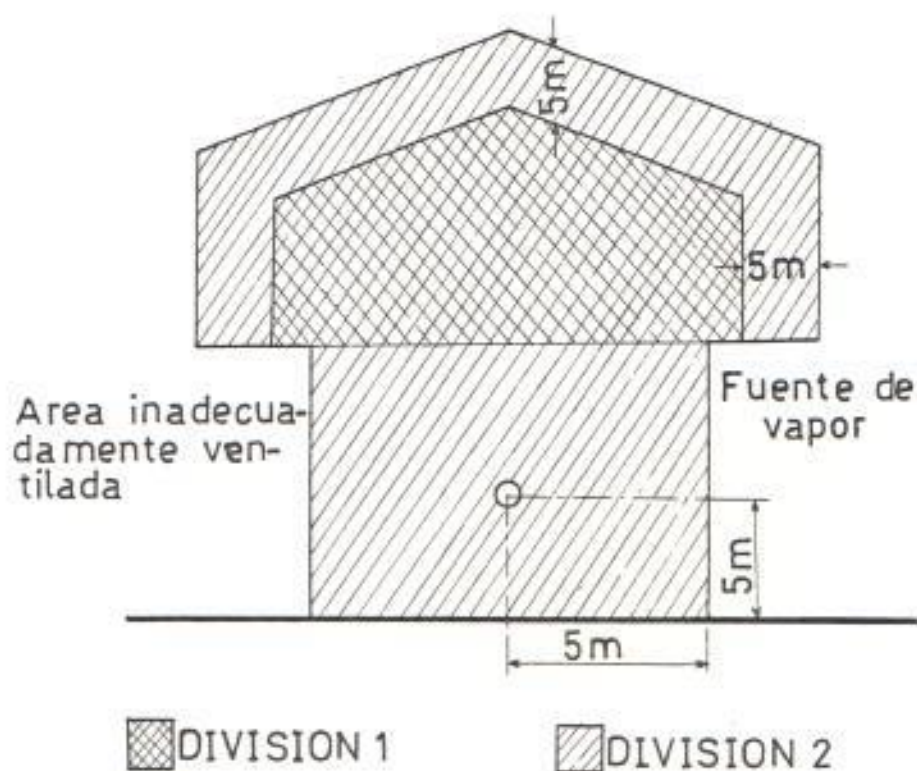


FIGURA 1.6. SISTEMA CERRADO CON VENTILACION INADECUADA PARA VAPORES MAS LIVIANOS QUE EL AIRE.

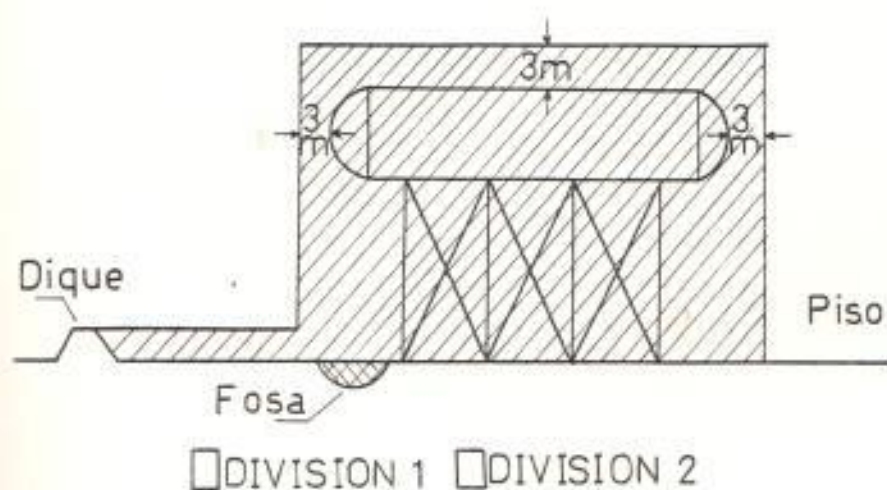


FIGURA 1.7.- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO ELEVADO

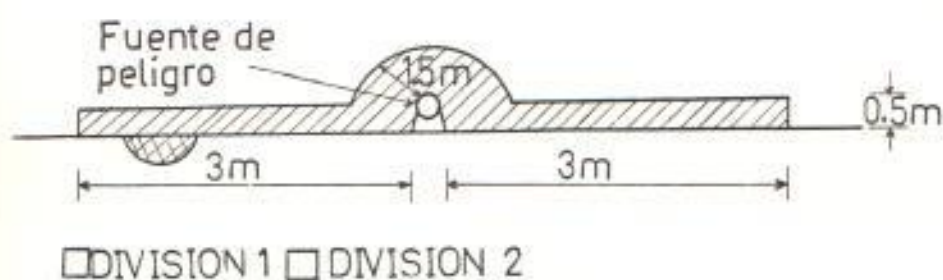


FIGURA 1.8.- AREA DE BOMBAS AL AIRE LIBRE

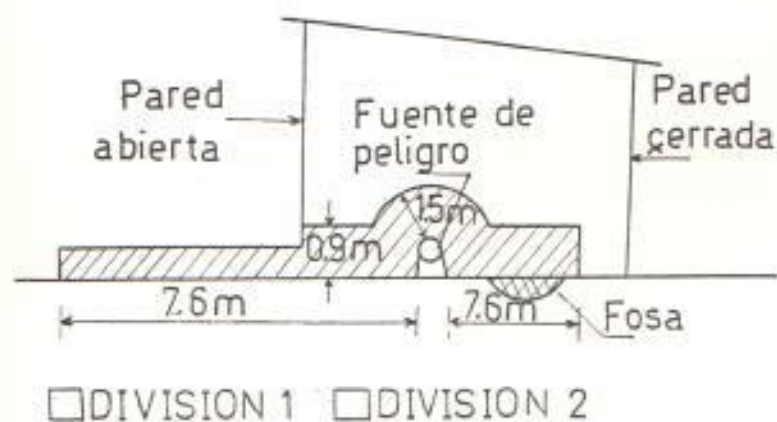


FIGURA 1.9.- AREA DE BOMBAS EN LOCAL CON VENTILACION ADECUADA.



### 1.2.6 Procedimiento para clasificar las áreas.-

El procedimiento consiste en contestar un cuestionario; los límites de las áreas clasificadas serán determinadas de acuerdo a lo establecido anteriormente y a las figuras en referencia.

#### PASO 1.

La necesidad de clasificación está indicada por una respuesta afirmativa a una de las siguientes preguntas:

- a) Es la presencia de líquidos o vapores inflamables, probable?
  
- b) Están los líquidos a una temperatura de 60°C o más, cuando son manejados, procesados o almacenados?

#### PASO 2: Asignación de clasificación

Asumiendo una respuesta afirmativa a las preguntas del Paso 1, el siguiente cuestionario será usado para determinar la asignación de clasificación.

Inv. No. \_\_\_\_\_

Locales DIVISION 1 podrán distinguirse por una respuesta afirmativa a una de las siguientes preguntas:

- a) Es la concentración de gases o vapores inflamables probable bajo condiciones normales de operación?
- b) Es probable la concentración de una atmósfera inflamable frecuente debido a mantenimiento o reparación?
- c) Será probable que una falla en el sistema eléctrico suceda simultáneamente a una falla en el equipo de proceso o almacenamiento con disipación de gas o líquido inflamable?
- d) Está el líquido o vapor inflamable en un sistema de tubería dentro de una área con ventilación inadecuada, y está el sistema de tubería (conteniendo válvulas, medidores, tornillos) pobremente mantenido?
- e) Está el área rodeada por una elevación o

bajo el nivel del suelo de tal suerte que los vapores se acumulen en ella?

Locales DIVISION 2 podrán distinguirse por una respuesta afirmativa a una de las siguientes preguntas:

- a) Está el líquido o vapor inflamable en un sistema de tubería dentro de una área con ventilación inadecuada, y está el sistema de tubería (conteniendo válvulas, medidores y tornillos) bien mantenido?
- b) Contiene el sistema líquido o vapor inflamable y además está dentro de una área bien ventilada, y puede escapar líquido o vapor del sistema solamente bajo condiciones anormales, como una falla accidental como una ruptura de la tubería?
- c) Está el local adyacente a un local DIVISION 1, o puede el vapor ser conducido al local a través de un ducto o tubería?
- d) Si se usa ventilación mecánica positiva,

puede ésta fallar o una operación anormal en el equipo de ventilación permitirá la concentración de mezclas explosivas?

#### PASO 3. Extensión de áreas clasificadas:

La extensión de una área clasificada puede determinarse aplicando con buen criterio de ingeniería, las distancias recomendadas en las figuras 1.1 a 1.9.

#### PASO 4. Grupos de mezclas atmosféricas:

Para esto se considerará las mezclas atmosféricas que son agrupadas en base a sus características inflamables, esto se analizó y explicó en la clasificación de las distintas áreas y divisiones.

TABLA I

## LIMITES DE EXPLOSIVIDAD

ATMOSFERAS PELIGROSAS	RANGO DE CONCENTRACION EXPLOSIVAS BASADAS EN VOLUMEN.	
	Inferior	Superior
GRUPO A	2.5%	80 %
GRUPO B	4.1%	74.2 %
GRUPO C	1.85%	36.5 %
GRUPO D	1.3%	6. %



TABLA II-A

CARACTERISTICAS DE ALGUNOS GASES Y VAPORES INFLAMABLES  
PERTENECIENTES A LA CLASE I.

SUBSTANCIA	TIEMPO DE EVAPO- RACION. (°C)	TEMP. DE IGNI- CION.	LIMITES EXPLOSIVOS EN % DE VOLUMEN EN EL AIRE.		DENSI- DAD
			Mínimo	Máximo	
Acetaldeído	-37.7	185	4.1	55.0	1.5
Acetato amílico	25	380	1.1	7.5	1.5
Acetato etílico	-4.4	430	2.5	9.0	3.0
Acetato metílico	-10	500	3.1	16.0	2.6
Acetato vinílico	-7.8	427	2.6	13.4	3.0
Aceite de Olivo	220	342	-	-	-
Acetileno	Gas	298	2.5	81.0	0.9
Acetona	-17.8	538	2.6	12.8	2.0
Acido etético	42.7	427	5.4	16.0	-
Acido sulfúrico	Gas	262	4.3	45.0	1.2
Acido oleico	188	362	-	-	-
Acroleína	-17.8	278	2.8	31.0	1.9
Alcanfor	64.5	466	-	-	-
Alcohol alílico	21.1	380	2.5	18.0	2.0
Alcohol amílico	34.4	344	-	-	-
Alcohol etílico	13	426	4.3	19.1	1.6
Alcohol metílico	11.1	462	7.3	36.0	1.1
Amoníaco	Gas	650	16.0	25.0	0.6
Anhidrido acético	53.8	316	2.7	10.0	3.5
Anhidrido ftálico	150	580	1.7	10.5	-
Anilina	57	620	1.3	-	3.2
Antraceno	121	539	0.6	-	-
Benceno	-11.1	560	1.4	7.1	2.8
Bencina	-17.8	288	1.1	5.9	3.5
Cicloexano	-20	260	1.3	8.0	2.9
Cicloexano metílico	-4	285	1.2	-	3.4
Ciclopropano	Gas	496	2.4	10.4	1.4
Clorobenceno	32.2	635	1.3	-	3.9
Cloruro de acetyl	4.44	388	-	-	2.7
Cloruro de bencilo	65	580	1.1	-	4.4
Cloruro etílico	-50	518	3.8	12.4	2.2
Cloruro metílico	Gas	625	10.7	17.4	1.8
Cloruro vinílico	Gas	472	4.0	22.0	2.2
Con ustóleo N° 1	37.8min	228	0.7	-	-
Con ustóleo N° 2(Diesel)	37.8	459	-	-	-
Dicloro	15	458	5.6	11.4	3



TABLA II- B

SUBSTANCIA	TEMP. DE EVAPORACION (°C)	TEMP. DE IGNICION (°C)	LIMITES EXPLOSIVOS EN % DE VOLUMEN EN EL AIRE.		DENSIDAD (LÁ DEL AIRE a 1).
			Mínimo	Máximo	
Dinitro clorobenceno	194	-	2.0	22.0	-
Dioxano	12.2	180	2.0	22.0	3.0
Disulfuro de Carbón	-30	100	1.3	44.0	2.6
Dodecano	73	204	0.6	-	5.9
Etano	Gas	515	3.0	12.5	1.0
Eter divinílico	-30	360	1.7	27.0	2.4
Eter etílico	-45	290	1.9	48.0	2.6
Eter metílico	Gas	350	3.	18.0	1.6
Etileno	Gas	454	3.1	32.0	1.0
Etil mercaptano	<26.7	298	2.8	18.0	2.1
Etil metil eter	-37	190	2.0	10.1	2.1
Etil metil cetona	6	515	1.8	10.0	2.5
Estireno	32.2	90	1.1	6.1	3.6
Fenol	80	718	-	-	3.2
Formaldeído	Gas	429	7.0	73.0	1.0
Formato de etilo	-20	455	27.0	13.5	2.6
Formato metílico	-19	455	5.9	20.0	2.1
Furfural	60	316	2.1	-	3.3
Gas natural	-	482-	3.8	13	-
		632	6.5	17	-
Gasolina	20a60	280	1.4	7.6	3.4
Glicerina	160	393	-	-	-
Hidracina	52	-	4.7	100.0	1.1
Hidrógeno	Gas	585	4.0	75.0	0.1
Kerosina	37.8	229	0.7	5.0	-
Laca	-17.8 a 26.7	-	-	-	-
Lanolina	238	445	-	-	-
N-acetato butílico	22.2	422	1.7	7.6	4.0
N-acetato propílico	14.4	450	2.0	8.0	8.5
N-alcohol butílico	28.9	355	1.4	11.2	2.6
N-alcohol propílico	15	371	2.1	13.5	2.1
Nafta	30	233	1.0	6.0	4.3
Naftaleno	78	527	0.9	5.	4.4
N-butano	Gas	404	1.9	8.5	2.0
N-cloruro propílico	< 17.8	-	7.6	11.1	2.7
N-éter dibutílico	25	194	1.5	7.6	4.5
Propano	Gas	450	2.2	9.5	1.6

TABLA III  
CARACTERISTICAS DE ALGUNOS POLVOS COMBUSTIBLES

MATERIAL	TAMANO PARTICULA (M)	TEMPERATURA DE IGNI-CION ° C.		DENSIDAD Kg. l
		EN CAPA	EN NUBE	
Aluminio	10-15	320	500	0.42
Azufre	30-50	Funde a 119	235	0.62
Grafito	15-25	no arde	750	0.24
Hierro	100-150	240	430	1.6
Zinc	10-50	430	530	4.9
Magnesio	5-10	340	470	0.62
Antracila	100-150	<430	600	0.71
Carbón	5-10	280	10	0.42
Cartón de Madera	4-2	340	95	0.36
Coke Bituminoso	4-5	430	50	0.74
Algodón	10-20	385	-	-
Arroz	50-100	270	420	0.18
Avena	50-150	270	440	0.17
Azúcar	20-40	Funde	360	0.5
Celulosa	10-20	380	-	-
Cereal	50-100	305	430-500	.19
Cacao	30-40	245	460-540	0.43
Corcho	30-40	325	460-505	0.07
Harina	30-50	325	415-470	0.31
Madera Dura	70-100	315	420-430	0.22
Patata	60-80	Carbonizada	430	0.70
Papel	10-20	360	-	0.07
Pino	70-150	325	440-450	0.22
Tabaco	50-100	290	485	0.36
Trigo	15-30	290	420-485	0.37

## CAPITULO II

### EFFECTOS ELECTRICOS QUE PODRIAN PRODUCIR EXPLOSION

#### 2.1 DEFINICION.-

En instalaciones eléctricas se producen constantemente efectos eléctricos, tanto en condiciones normales como en condiciones anormales de operación, debido a diferentes causas.

Estos efectos eléctricos al producirse en presencia de atmósferas peligrosas, resultaría ser muy peligroso debido a que se podría producir una inflamación o una explosión. Por lo expuesto será necesario realizar un breve estudio de las causas, efectos y las medidas de protección para evitar posibles explosiones.

#### 2.2 CONEXION Y DESCONEXION DE EQUIPOS.-

La conexión y desconexión de equipos en una instalación se produce constantemente en condiciones normales de operación, así como por la interrupción de

la corriente en los circuitos por cualquier causa (desconectadores, cortacircuitos, rupturas de la línea, mala operación de los equipos, protección, etc.) debido que para energizar o desenergizar un circuito de luz o de fuerza, será necesario cerrar o abrir contactos, y este cerrar o abrir de contactos se realiza manualmente o automáticamente dependiendo del proceso a seguir en determinada planta o industria.

Si se tiene estos equipos de conexión y desconexión en alguna área clasificada se debe tener sumo cuidado, será necesario entonces analizar brevemente sus efectos, así como la protección que se debe dar para neutralizar estos efectos.

#### 2.2.1 El arco eléctrico.-

El arco eléctrico por su peligrosidad debido a sus características cuando éste se produce en lugares peligrosos, será necesario estudiarlo.

##### 2.2.1.1 Como se produce.-

En el trabajo que se está realizan-



do se requiere describir como se produce el arco en plantas o industrias, por lo tanto nos referiremos a este caso.

El arco eléctrico se produce o es una consecuencia de la conexión o desconexión de equipos; lo que significará cerrar o abrir contactos o desconectores. Normalmente al abrir el circuito en una instalación de luz o de fuerza, va a acompañado por lo general de la formación de arcos o chispas en el contacto al separarse las superficies. Al abrir el circuito se tiene un aumento en la resistencia que tiene su causa en la formación del arco y en su extinsión.

El fenómeno principal en la formación es una fuerte ionización del dielético a causa de la temperatura elevada, esto debido a que se produce a una elevada diferencia de potencial lo cual crea un fuerte cam



po eléctrico que hace que el dieléctrico se ionice y se produzca la disrupción o arco eléctrico. Una vez producido el arco este llega a una longitud, se enfría y la formación de iones y electrones libres decrece rápidamente, hasta que finalmente se apaga el arco.

La producción del arco dependerá también del tipo de medio de extinción que se tenga (dieléctrico) lo cual hará que aumente o disminuya el tiempo de corte como también la sobretensión.

#### 2.2.1.2 Efectos que produce.-

Al producirse el arco en una instalación eléctrica que se encuentre en un lugar donde existe la presencia de una área clasificada, podría ocurrir los siguientes efectos:

En presencia de una mezcla explosiva el arco eléctrico puede ocasionar fuego o una explosión.

El arco eléctrico debido a su elevada temperatura tiende a quemar parte del material de los contactos, y en ciertas condiciones, pueden llegar incluso a soldar las dos piezas que se están separando. Este efecto es peligroso en presencia de una mezcla explosiva.

Si el arco eléctrico es producido por una falla en la instalación eléctrica, o en uno de los equipos, si el material usado en la instalación no es el adecuado daría el inicio para la combustión del material lo que produciría graves consecuencias, se dañaría la instalación, existiría la presencia de fuego lo cual en presencia de una mezcla explosiva se produciría una explosión.

#### 2.2.1.3 Medida de protección.-

En una planta industrial para el funcionamiento son esenciales los equipos eléctricos, motores y sus

controles, lámparas, interruptores, etc., por lo que el sistema eléctrico de distribución, así como el equipo, están protegidos de tal manera que los arcos eléctricos no constituyan un riesgo que pueda causar una explosión.

Solamente aquel equipo diseñado específicamente para lugares peligrosos debe utilizarse. El equipo y en general toda la instalación deberá además recibir un mantenimiento cuidadoso.

Estos equipos deberán tener la adecuada protección de tal manera que, aisle de la atmósfera peligrosa todo el alambrado, componentes eléctricos y elementos susceptibles de producir arcos, tales como interruptores, mediante "blindajes a prueba de explosión", o dentro de "sistemas a presión".

Otra manera de disminuir el peligro

que pueda existir en una instalación eléctrica es, utilizando los desconectadores en un medio dieléctrico que reduzca la longitud del arco y lo extinga rápidamente.

### 2.3 CAUSAS QUE PRODUCEN SOBRECARGA.-

Puede existir sobrecarga en una planta industrial debido a las siguientes causas:

- a) Uno de los equipos (motores, generadores, transformadores, etc.) están trabajando con una capacidad mayor a la nominal, debido a que la carga es mayor a la capacidad nominal de los equipos.
- b) Determinado equipo está trabajando en condiciones de falla. Como por ejemplo: Falla de aislamiento, falla mecánica (cojinetes, rodamientos).
- c) Un mal diseño eléctrico.

#### 2.3.1 Efectos que producen la sobrecarga.-

Los efectos que se tiene por causa de la sobrecarga en una planta industrial son:

- a) Operación de las protecciones, lo cual interrumpe la producción de la planta.
- b) Recalentamiento del equipo
- c) Mala operación del equipo (sobrecarga mecánica).
- d) Disminución de la vida útil del equipo
- e) Si la sobrecarga es considerable y no está adecuadamente protegido puede el equipo quemarse.

### 2.3.2 Medidas de protección.-

- a) Dar el uso adecuado para el que está diseñado determinado equipo.
- b) Dar la protección de sobrecarga adecuada
- c) El sistema de distribución, así como el equipo, deben estar protegidos de tal manera que la temperatura no constituya un problema que pueda causar una explosión, aún cuando se tenga una sobrecarga, lo



cual significa que el equipo debe tener la calidad de disipar el calor generado, hasta un grado aceptable.

## 2.4 CALENTAMIENTO DE EQUIPOS.-

Es importante considerar en este tipo de instalaciones, el calentamiento de los equipos, en presencia de mezclas explosivas se podría tener serias consecuencias, pudiéndose incluso producir una explosión.

### 2.4.1 Causas.-

Un equipo puede calentarse por distintas causas, tanto en operación normal, como en operación anormal de funcionamiento.

- a) Debido a que el equipo ha trabajado por largo rato.
- b) Debido a que el equipo es bastante viejo específicamente si su vida útil ya se cumple.
- c) Debido a que el equipo no es el adecuado para determinado trabajo o no es el adecuado para determinado ambiente.

- d) Debido a una sobrecarga en el equipo
- f) Debido a una falla externa en el equipo
- g) Debido a una falla interna en el equipo
- h) Debido a una falla en la alimentación del equipo.

#### 2.4.2 Efectos del calentamiento de equipos.-

Quando un equipo se calienta puede este alcanzar una elevada temperatura, la cual podría dañar el equipo y en presencia de una mezcla explosiva puede producir fuego o explosión. Esto debido a que el equipo ha alcanzado una temperatura de efluvio o de ignición mayor o igual a la mínima temperatura que una mezcla explosiva necesita para que se produzca la inflamación.

Otro de los efectos es que saltaría el térmico lo cual significa interrupción en el funcionamiento de los equipos y esto a su vez significará que la producción de la planta sea interrumpida.

### 2.4.3 Medidas de protección.-

- a) Se deberá tener cuidado de que los equipos sean adecuados para determinado lugar y trabajo.
- b) El equipo debe tener la cualidad de disipar el calor generado, hasta un grado aceptable, con lo cual se estará logrando que la temperatura se mantenga en un valor no peligroso.
- c) Tener las protecciones de sobrecarga adecuadas y bien calibradas para dar una buena protección.
- d) Será importante en determinados lugares, no permitir, que se acumule polvo inflamables en un cierto espesor, esto facilitaría al tener una elevada temperatura que se produzca una inflamación o la ignición.
- e) Se debe tener especial cuidado en la selección de motores y luminarias.

## 2.5 FALLAS Y FENOMENOS QUE PUEDEN PRODUCIRSE EN LAS INSTALACIONES O EQUIPOS.-

Tanto en las instalaciones y equipos las fallas son probables, así como también ocurrir una descarga atmosférica, la cual resultaría ser muy perjudicial. Se procede a realizar un breve estudio de estas fallas y fenómenos.

### 2.5.1 Fallas de corto circuito.-

Cuando se produce una falla de corto circuito de cualquier tipo en las instalaciones eléctricas la corriente se incrementa considerablemente, lo cual es perjudicial para todos los elementos presentes en el circuito fallado, llegándose inclusive a quemar estos elementos produciendo fuego, lo cual en presencia de una mezcla peligrosa sería fatal.

Se tiene conocimiento de múltiples desastres que en una industria se a producido a causa de un cortocircuito, peor aún si se tratara de una industria donde exista la presencia de atmósferas peligrosas, las consecuencias serían peores y casi incontrolables debido a la facilidad con que se produciría la combustión

ción, inflamación o una explosión.

Por lo descrito se deberá entonces tener sumo cuidado en el diseño, construcción y selección de equipos y materiales para este tipo de industrias.

Se deberá de igual manera dar una excelente protección la misma que opere cuando sea necesario.

#### 2.5.2 Fallas entre los conductores activos y parte metálicas que no transportan corriente.-

En una industria o planta este tipo de fallas ocurren generalmente; las mismas que al producirse dependiendo de las dimensiones de la falla puede causar serios problemas en la instalación eléctrica.

Como consecuencia de estas fallas se produce el arco eléctrico o chispa lo cual en presencia de atmósferas peligrosas resultaría ser muy peligrosos pudiendo incluso producirse una explosión; se deberá por lo tanto tener cuidado al realizar las instalaciones eléctricas.



cas para evitar en lo posible que ocurran este tipo de fallas, se deberá tener especial cuidado en el tipo de conductor a ser usado como también su instalación.

Para dar protección y evitar consecuencias graves se deberá realizar una correcta pués-ta a tierra de todas las partes metálicas que no transportan corriente, dando de esta manera seguridad a la instalación eléctrica y al personal.

#### 2.5.4 Acumulación de cargas estáticas.-

Debido al peligro que presenta la acumulación de cargas estáticas en los lugares peligrosos, se tratará brevemente sobre este fenómeno.

Electricidad estática o electrostática es la acumulación de cargas eléctricas en la superficie de un cuerpo.

La electricidad estática puede ser un elemento útil, una perturbación o un peligro en la industria. Cuando se forman cargas estáticas

en las correas, en los papeles y telas en la etapa de fabricación, en líquidos inflamables que fluyen a través de tuberías y en otros casos, tales cargas constituyen una molestia y pueden interferir con los procesos de fabricación o llegar a ser un peligro de explosión.

En el presente caso trataremos a la electricidad estática como un peligro y analizaremos su formación y las maneras comunes de proteger el fuego originado por las cargas estáticas.

Para que una carga estática sea una fuente de ignición deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) Deberá existir un medio de generación estática.
- b) Deberá existir un medio de acumulación de las cargas estáticas, capaz de producir ignición.
- c) Deberá haber un medio a través del cual se descarguen las cargas acumuladas.

Inv. No. \_\_\_\_\_

Para el presente caso la generación de electricidad estática se presenta en los elevadores de granos y en los molinos, no solamente en las correas de accionamiento de la maquinaria, sino también en las cintas de los transportadores y en los rodillos. Existe mayor generación de cargas estáticas cuando se transporta grano sucio que cuando se transporta grano limpio, quedando cargado el metal con electricidad positiva, y el grano que pasa por su superficie con electricidad negativa.

En las fábricas textiles se ha comprobado también la formación de cargas estáticas debido a la presión ejercida por los rodillos sobre las fibras y por la presión ejercida entre sí por las fibras, las cargas en las fibras textiles son generalmente positivas.

En la fabricación de papel y las imprentas también existe la formación de cargas estáticas, en las partes en las cuales el papel o el tejido se somete a presión o rozamiento sobre un material sólido.

Cuando se vierte gasolina u otros líquidos

inflamables, a gran velocidad por una boquilla dentro de un tanque aislado de tierra, se originan cargas electrostáticas en el tanque; o cuando un líquido está sometido a movimiento o agitación una pequeña parte de éste se separa dando como resultado la generación de electricidad estática.

También existe generación cuando una rueda de un vehículo gira sobre el camino.

La acumulación de cargas estáticas está influenciada por la temperatura y las condiciones climatológicas. Las bajas temperaturas ayudan a la acumulación de cargas estáticas, pero en atmósferas secas se acumulan con facilidad a cualquier temperatura; por el contrario en atmósferas húmedas y calientes la acumulación desaparece considerablemente. Se tiene que el mayor peligro existe en la Sierra que en la Costa.

Las cargas estáticas se acumulan solamente en cuerpos bien aislados. La cantidad de carga estática que puede ser acumulada en un cuerpo aislado depende de:

- a) La rapidez a la cual la carga estática es tá siendo generada.
- b) La resistencia del camino por el cual la carga puede disiparse.
- c) La capacidad del cuerpo aislado, esto es, la medida eléctrica de la cantidad de carga que puede ser acumulada en un cuerpo.

Bajo condiciones favorables grandes cargas estáticas son generadas y acumuladas rápidamente. Se ha encontrado por ejemplo potenciales de hasta 3000 voltios, en tanques aislados de tierra, los cuales han estado siendo llenados con gasolina a razón de 300 galones por minuto.

Para que una carga constituya peligro de fuego, el espacio deberá exceder de una mínima longitud crítica, que permita el almacenamiento de un nivel suficiente de energía tal que la descarga resulte incendiaria, y obviamente deberá existir la presencia de una atmósfera inflamable.



#### 2.5.5 Medidas de protección.-

El peligro de fuego que puede aparecer debido a fallas de cortocircuito puede ser eliminado o reducido si, se realiza un buen diseño eléctrico de las instalaciones de una planta o una industria, si se usa el equipo y material adecuado, se deberá tener especial cuidado en tener un buen sistema de puesta a tierra (Ver Capítulo III). Se debe considerar y tener cuidado en el tipo de aislamiento a usar en los conductores ya que el mismo deberá tener la propiedad de que no se propaga la llama o fuego (Ver Capítulo V, tipo de conductores). Se debe realizar las instalaciones correctamente tanto de los equipos como del cableado de los conductores y demás dispositivos (Ver Capítulo V). Cuando ya se encuentre funcionando la planta o industria se deberá dar un buen mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Para cuando se tiene fallas entre los conductores activos y las partes metálicas que no transportan corriente, deberá tenerse una puesta a tierra sólida de todas las partes

metálicas que no transportan corriente.

Para dar protección de las descargas atmosféricas los circuitos se deben poner a tierra para de esta manera limitar la tensión que pudiera aparecer en el circuito. Los equipos en los cuales se puede inducir cargas estáticas debido a fenómenos atmosféricos, se pueden proteger cubriéndoles con lo que se conoce como "jaula de Faraday", las mismas que deben tener una conexión sólida a tierra.

El peligro de fuego que pueda aparecer debido a descargas estáticas puede ser eliminado o controlado, eliminando una o más de las condiciones que previamente fueron traídas, esto es, generación, acumulación, descargas de cargas estáticas; o también controlando las mezclas explosivas en los puntos de peligro.

Hay algunos medios básicos y efectivos que pueden ser usados en la industria para controlar este peligro, entre estos tenemos: Conexión a tierra de los armazones metálicos, control de la generación de cargas estáticas, control del ambiente y recubrimiento de los equipos que puedan ocasionar peligro. La se-

lección de cualquiera de estos métodos está determinado por su practicabilidad.

A continuación se describirá brevemente cada uno de los métodos descritos.

- a) Cuando hay dos puntos entre los cuales puede ocurrir una chispa en presencia de mezclas inflamables, la solución puede ser unir un conductor entre ambos puntos, esto impide una diferencia de potencial a través del espacio debido a que provee un camino de retorno para las cargas, impidiendo que éstas se acumulen y pueda ocurrir una descarga. Por supuesto esto es efectivo solamente entre materiales eléctricamente conductores y no es aplicable en el caso que se tenga líquidos no conductores en grandes recipientes.

La tierra puede ser usada como una parte del sistema de puentes de tal forma que todas las partes metálicas en las que se puedan acumular cargas queden conectadas a tierra.

- b) Una carga peligrosa puede ser creada si la capacidad de generación estática excede a la capacidad de disipación a través de un camino que ofrece resistencia.

Por ejemplo, la superficie del aceite u otro líquido inflamable del petróleo, contenido en un tanque cerrado, tiende a cargarse, cuando el líquido es agitado ya sea por la turbulencia debido a un llenado rápido o por la presencia de pequeñas partículas de materiales conductivos, tal como el agua o partículas de hierro. La capacidad de generación se ve influenciada en líquidos refinados, ya que los mismos tienen poca cantidad de agua y su superficie por lo tanto no es conductora, dando como origen a la formación de cargas eléctricas en la superficie. En este caso lo que se debe hacer es evitar la turbulencia del líquido realizando el llenado en los tanques más lentamente o introduciendo en el líquido la tubería de llenado, es también aconsejable evitar que se introduzcan al líquido partículas metálicas. Es necesario aclarar que la puesta a tierra del tanque

no evita la formación o acumulación de cargas estáticas en la superficie de los líquidos del petróleo causada por la turbulencia del mismo.

- c) Si las cargas estáticas no se pueden evitar de la manera descrita anteriormente, la prevención de mezclas inflamables de vapor-aire podría ayudar a evitar incendios o explosiones. Esto es importante en el caso de líquidos del petróleo que tienen bajo punto de inflamación en condiciones atmosféricas normales, sobre todo cuando estos líquidos se evaporan con facilidad.

Los métodos para controlar el ambiente pueden ser por eliminación de las mezclas inflamables o eliminando el área donde puedan acumularse dichos vapores.

En el primer caso se puede evitar los peligros de fuego, disminuyendo la cantidad de oxígeno contenido en la atmósfera o inyectando gas inerte en lugar de aire. En tanques de gasolina u otros líquidos volátiles



tiles el espacio que ocupa el vapor puede inflamarse en condiciones atmosféricas normales.

En el segundo caso, se puede eliminar el espacio de vapor utilizando cubiertas móviles en los tanques de almacenamiento de combustible.

## CAPITULO III

### PUESTA A TIERRA

#### 3.1 INTRODUCCION.-

Las recomendaciones de esta sección tratan principalmente de la aplicación de la puesta a tierra y de los puentes de unión para evitar los riesgos de fuego y explosión que resultan de la presencia de atmósferas inflamables. Esto incluye a los siguientes casos:

- a) Fallas entre los conductores activos y partes metálicas que no transportan corriente.
- b) Descargas atmosféricas
- c) Acumulación de cargas estáticas

#### 3.2 CONSIDERACIONES GENERALES.-

Las partes metálicas descubiertas, que no transportan corriente, por ejemplo, las armaduras o exteriores metálicas de los motores, transformadores, condensadores, aparatos o lámparas fijas o portátiles,

aparatos de alumbrado, armarios, celdas y conductos u otro equipo de utilización, fijo o portátil, se conectarán a tierra, en la forma en que se especifica más adelante.

Los circuitos se ponen a tierra con el fin de limitar la tensión que pudiera aparecer en el circuito, al estar expuestos a descargas de rayos u otras tensiones mayores que las que pueden soportar, o para limitar el potencial máximo con respecto a tierra producido por la tensión normal.

Las canalizaciones que encierren conductores, las cubiertas metálicas de equipos y dispositivos, se ponen a tierra, con el fin de evitar un potencial respecto a tierra en las cubiertas o en el equipo.

Se deberá poseer una correcta puesta a tierra, en forma independiente los elementos estáticos de los dinámicos y/o eléctricos.

### 3.3 CONSIDERACIONES DEL TERRENO.-

Para realizar una correcta puesta a tierra es necesario considerar el tipo de terreno en donde se va

a realizar la puesta a tierra, ya que es un factor muy importante que influye considerablemente.

### 3.3.1 Clase de terreno.-

Para la puesta a tierra la clase de terreno se lo considera por:

- a) Contenido de humedad del suelo
- b) Composición química del suelo
- c) Concentración de sales disueltas en el agua contenida.

### 3.3.2 Resistencia del terreno.-

La resistencia de tierra, depende de la resistividad del suelo en el cual están enterrados.

La conductividad de la tierra es esencialmente electrolítica y es por lo tanto, afectada por el contenido de humedad del suelo, por la composición química y por las concentraciones de sales disueltas en el agua contenida.

Las Figuras 3.1 y 3.2 muestran los efectos de la humedad y salinidad en la resistividad de la tierra.

#### 3.4 RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.-

Para el caso que se está estudiando en este trabajo se tiene los siguientes valores de resistencia de puesta a tierra, los mismos que han sido tomados de normas internacionales.

- a) En sistemas y equipos no mayor de 4 ohmios
- b) Para tanques y cañerías conteniendo líquidos inflamables 10 ohmios.
- c) En protección contra el rayo no mayor de 7 ohmios
- d) En descargas de electricidad estática puede ser tan alto como 1 megaohmio.

#### 3.5 APLICACION.-

- a) Sistemas eléctricos y equipos
- b) Estructuras, plantas de procesamiento y otros equipos no eléctricos.
- c) Conexiones no intencionales



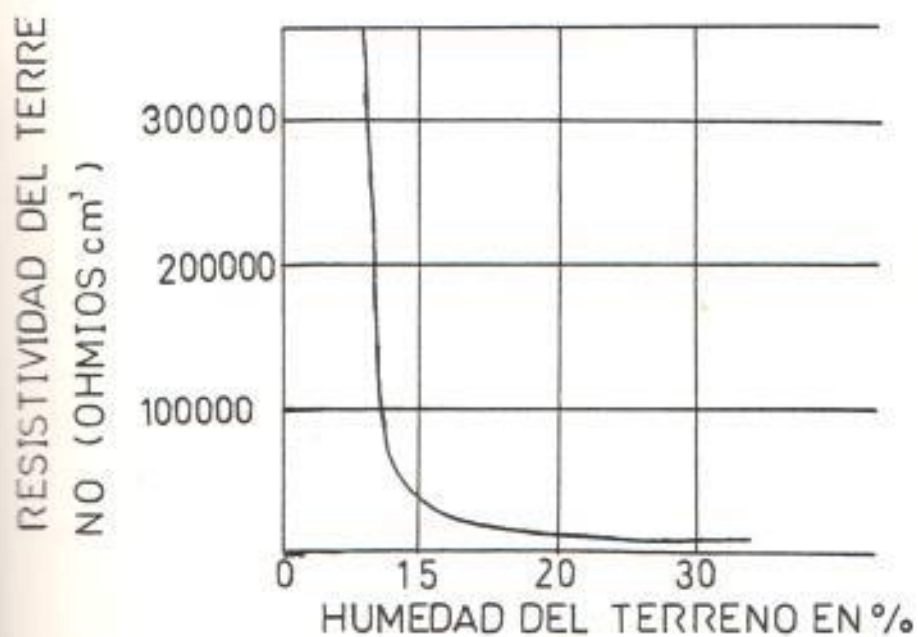


FIGURA.3.1.- HUMEDAD DEL TERRENO.



FIGURA.3.2.- SALINIDAD DEL TERRENO.

### 3.6 TUBERIAS.-

Las tuberías que no hagan contacto eléctrico con el tanque o depósito asociado, tal como una tubería abierta de descarga a un tanque, deben estar conectadas eléctricamente al tanque o depósito por medio de un conductor flexible y puesto a tierra.

El uso de protección catódica puede justificar que se intercalen bridas aislantes que interrumpen la continuidad eléctrica de la longitud total de tubería, pero en este caso se debe poner a tierra ambos lados donde se encuentren las bridas, o se puede utilizar los puentes de unión para mantener la continuidad eléctrica en toda la longitud de la tubería.

### 3.7 CONDUCTORES.-

Se recomienda para puesta a tierra la utilización del conductor de cobre desnudo, ya sea sólido o trenzado. Si el conductor no es de cobre, su resistencia eléctrica por unidad de longitud no deberá exceder a la permisible para el conductor de cobre.

Los conductores de puesta a tierra no deben tener en toda su longitud ningún empalme o unión.

Inv. No. \_\_\_\_\_

Referente al tamaño del conductor de puesta a tierra se recomienda que; el conductor neutro de la acometida de un sistema de corriente alterna, deberá ponerse a tierra en el punto de entrada, antes de cualquier equipo de desconexión, y su calibre no debe ser inferior al dado en la Tabla

El conductor que se ha puesto a tierra deberá ser identificable a lo largo de toda la instalación, a fin de evitar errores en las conexiones.

TABLA N° IV  
 CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

TAMAÑO DE CONDUCTOR DE FASE	TAMAÑO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.
	Hilo de cobre AWG N°
2 o más delgado	8
1 o 0	6
00 o 000	4
Mayor de 000 hasta 340000 CM	2
Mayor de 350000MC hasta 600000	0
Mayor de 600000 CM hasta 1100000	00
Mayor de 1100000	000

### 3.8 CONSIDERACIONES ESPECIALES A LA INDUSTRIA PETROLERA.-

En la industria petrolera se requiere sistema de puesta a tierra y puentes de unión para dar protección adecuada contra los peligros de potenciales asociados con lo siguiente:

- a) Sistemas eléctricos
- b) Chispas, arcos eléctricos o puntos de alta temperatura, causados por fallas eléctricas o corrientes de fuga.
- c) Chispas o arcos producidos por las descargas directas o indirectas de los rayos.
- d) Chispas producidas por el flujo de cargas electrostáticas acumuladas, generadas por máquinas en funcionamiento o por el paso de aire, gas, vapor o líquidos en las plantas de procesamiento.
- e) Donde existan instalaciones próximas a transmisores de radio de alta potencia, se debe tener especial cuidado con la posibilidad de corriente inducida.

### 3.9 PUESTA A TIERRA TIPO.-

#### 3.9.1 Características generales.-

El sistema consta en líneas generales de:

- a) Un electrodo introducido en la tierra del tipo placa conductora, no férrea; placa de acero, hierro galvanizado; barra conductora, no férrea, etc.

La experiencia ha determinado que se obtiene por la utilización del caño de hierro galvanizado de 2.50 mts. de largo y diámetro 19 mm. (3/4") por considerarlo suficiente y de fácil disponibilidad en plaza.

- b) Un conductor que unira el electrodo y el elemento a descargar, de cobre u otro material buen conductor de la electricidad, a la vez que resista a la corrosión y a los daños mecánicos. Puede ser macizo, trenzado, aislado o desnudo y no debe tener en su longitud ningún empalme o unión.
- c) Un ajuste de tubería u otro dispositivo



aprobado, de latón, bronce fundido, etc., que servirá para unir el electrodo con el conductor.

- d) Un dispositivo (terminal, mordaza, abrazadera u otro equipo) que posibilite la correcta conexión del extremo del cable con el elemento a conectar, este será de latón, bronce fundido, etc.

Las mordazas que se utilicen en las puestas a tierra serán del mismo material del electrodo.

La puesta a tierra de los camiones, por ser del tipo desmontable, deberá disponer entre el conductor y el electrodo y el terminal de conexión al camión, de un interruptor del tipo contra explosión. El conductor deberá ser del tipo aislado de diámetro mínimo 5 mm.

Está establecido que una adecuada puesta a tierra debe tener una resistencia con respecto a la tierra no superior a 25 ohmios, caso contrario se deben utilizar

dos o más electrodos conectados en paralelo.

Con carácter ilustrativo, se agrega un esquema de una puesta a tierra de el tipo descrito, el mismo que se lo ilustra en la Figura 3.3, lo cual dará una mejor visión de este tipo de puesta a tierra.

#### 3.9.2 Esquema ilustrativo.-

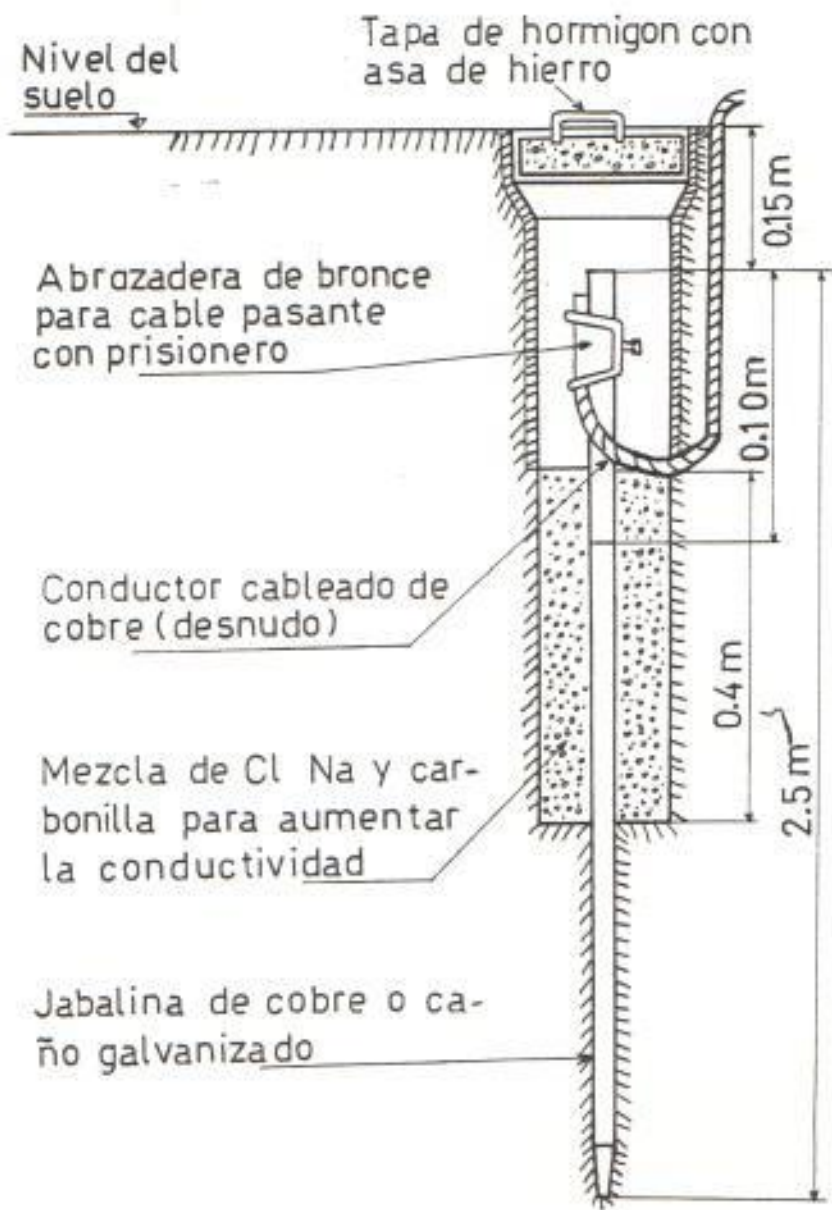


FIGURA. 33.- PUESTA A TIERRA TIPO.

## CAPITULO IV

### ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y MATERIALES EN AREAS PELIGROSAS.

#### 4.1 EQUIPOS Y MATERIALES A PRUEBA DE EXPLOSION.-

El equipo eléctrico de una instalación en lugares peligrosos, puede ser causa de explosiones, pues sus componentes son susceptibles de generar calor o arcos al cerrar o abrir los circuitos; entonces será necesario instalar equipos a prueba de explosión en los lugares donde sea necesario.

Los materiales que se utilicen en instalaciones eléctricas en lugares peligrosos, tales como: conductores, canalizaciones, cajas metálicas, cajas de derivación, empalmes, etc., deberán ser aprobados para su utilización en dichos lugares, en este caso deberán ser materiales a prueba de explosión.

##### 4.1.1 Definición.-

Equipos y materiales a prueba de explosión

son aquellos que pueden soportar la explosión de una mezcla explosiva en su interior sin dañarse y sin permitir que chispas o gases calientes salgan al exterior y puedan inflamar la atmósfera que lo rodea.

#### 4.1.2 Justificación de utilización de estos equipos y materiales a prueba de explosión.-

En vista de que el equipo y material eléctrico, motores y sus controles, lámparas, interruptores, conductores, empalmes, cajas metálicas, etc., y la energía para operar, son esenciales para el funcionamiento de plantas industriales, es imprescindible que el sistema eléctrico de distribución, así como el equipo y material, estén protegidos de tal manera que los arcos eléctricos o la temperatura no constituyan un problema que pueda causar una explosión. Solamente aquel equipo diseñado específicamente para lugares peligrosos debe utilizarse.

Los equipos a prueba de explosión logran dar seguridad adecuada en dos formas y aquí su justificación de utilización:



- a) Disipando el calor generado, hasta un grado aceptable, mediante el uso de superficies diseñadas para este propósito.
- b) Aislando de la atmósfera peligrosa todo el alambrado, componentes eléctricos y elementos susceptibles de producir arcos, tales como: interruptores, mediante "blindaje a prueba de explosión".

#### 4.1.3 Requerimientos de los equipos y materiales a prueba de explosión.-

Los equipos y materiales a prueba de explosión dan seguridad mediante "blindajes a prueba de explosión".

Los requerimientos de estos blindajes son:

- a) Tener una resistencia mecánica adecuada
- b) Ser a prueba de flama, esto es que las juntas o bridas deben mantener ciertas tolerancias de tal forma que los gases calientes producidos por una explosión interna

sean enfriados al pasar a través de éstas al exterior.

#### 4.2 EQUIPOS Y MATERIALES INTRINSICAMENTE SEGUROS.-

La utilización de este tipo de equipos y materiales se lo hace en cualquiera de las áreas de acuerdo a las condiciones de las mismas, ya que cuando se utiliza estos equipos y materiales se deberá tener sumo cuidado.

##### 4.2.1 Definición.-

Son aquellos equipos y materiales que en condiciones normales o anormales de operación, no liberan una energía suficiente para inflamar la mezcla explosiva adyacente.

##### 4.2.2 Justificación de utilización de estos equipos y materiales.-

La justificación de la utilización de estos equipos y materiales, es que dan una mayor seguridad a una instalación industrial donde exista la presencia de atmósferas peligrosas;

lo que otros equipos y materiales no lo poseen y resultan ser un peligro al ser instalados.

#### 4.2.3 Requerimientos de los equipos y materiales intrínsecamente seguros.-

Los equipos intrínsecamente seguros deben ser cuidadosamente aplicados.

El diseñador y constructor debe asegurarse que el nivel de energía contenido en determinado equipo esté por debajo del nivel que pueda inflamar una área peligrosa particular, y debe garantizarse la seguridad tanto en condiciones de funcionamiento normales o anormales del equipo.

El cableado de circuitos intrínsecamente seguros debe realizarse en conductos separados o independientes de circuitos de otros equipos con el fin de prevenir la imposición de corrientes o voltajes excesivos en los circuitos intrínsecamente seguros, debido al contacto defectuoso con otros circuitos.

#### 4.3 EQUIPOS Y MATERIALES DE SEGURIDAD AUMENTADA.-

Estos equipos y materiales son para uso general que cuentan con protecciones adicionales para asegurar que no se producirán calentamientos excesivos, arcos y chispas.

#### 4.4 EQUIPOS SUMERGIDOS EN ACEITE.-

Estos equipos eléctricos son aquellos que mantienen sumergidas en aceite todas las fuentes de energía, para evitar la inflamación de la mezcla explosiva adyacente.

#### 4.5 EQUIPOS PRESURIZADOS.-

Son equipos que emplean un método de protección que consiste en inyectar aire limpio o gas inerte al interior de los equipos, de tal manera que no permita la entrada de mezclas explosivas.

#### 4.6 CLASES DE EQUIPOS Y MATERIALES DE ACUERDO A CADA AREA.-

Se tiene reglas generales y reglas específicas para los equipos y materiales a utilizar:

## 1. REGLAS GENERALES PARA EQUIPOS Y MATERIALES:

Las limitaciones y condiciones de aplicación establecidas en general para todos los equipos usados en áreas con atmósferas explosivas son:

- a) Cuando el equipo es listado y marcado significa que ha sido aprobado y se lo reconoce para usos en uno o más de los grupos de atmósferas peligrosas designados anteriormente (Capítulo I), tal marca indica que ese equipo es apropiado para usarse ya sea en situaciones División I ó División II, de una clase particular de área peligrosa, aún cuando no se haga referencia a la división. Este equipo es por supuesto, también aceptable si se usa en áreas clasificadas como no peligrosas.
  
- b) El equipo marcado "División 2" es aceptable para usarse solamente en esa división y no debe usarse en áreas División 1. Sin embargo una pieza o sección del equipo puede tener una marca adicional indicando su aceptabilidad en otros usos específicos, por ejemplo en áreas húmedas.



- c) El equipo listado y marcado para áreas "Clase I" (a prueba de explosión) puede ser usado en áreas "Clase II", si este es a prueba de polvo y su temperatura externa de operación no es igual o superior a la temperatura de ignición del polvo que podría acumularse en él. Obviamente, estas características deben ser cuidadosamente establecidas antes que un equipo Clase I, sea usado en áreas Clase II.
- d) El equipo listado para áreas Clase II, Grupo G, (harina de almidón, polvo de grano) como los usados en elevadores (transportadores) de grano, es también generalmente aceptable para uso en áreas Clase III, donde están presentes hilachas o materiales volantes combustibles. La excepción importante es para motores con enfriamiento por ventilador donde los orificios para el paso de aire pueden taparse u obstruirse por grandes cantidades de hilachas y materiales volantes.
- e) A causa de que el equipo para áreas peligrosas, es críticamente independiente de una apropiada temperatura de operación, se advier

te que los datos de amperaje y vatiaje en equipos de consumo de energía se basan en un voltaje exactamente igual al valor del voltaje indicado en la placa. Un voltaje mayor o menor que el indicado producirá un amperaje y voltaje diferente al de placa con la posibilidad que el efecto del calor producido por la corriente dentro del equipo sea superior al normal. Una corriente superior a la nominal se producirá por un elevado voltaje en una carga resistiva o por un bajo voltaje en motores de inducción. Por esta razón, para el cálculo de conductores, fijación de la protección de sobrecorrientes, etc., debe usarse el voltaje actual en lugar del voltaje nominal, o de placa. Todo esto es necesario para asegurar un adecuado dimensionamiento y evitar sobrecalentamientos.

- f) El equipo para áreas peligrosas es probado y listado para usarse en ambientes con presión atmosférica normal y temperatura no superior a los 40°C a no ser que se indique lo contrario. Usar el equipo bajo presión superior a la normal, en atmósferas ricas en oxígeno, o a temperaturas superiores a la normal puede

ser peligroso. Estas condiciones anormales incrementan el peligro de ignición de atmósferas peligrosas e incrementan la presión producida por una explosión dentro del equipo.

- g) No se debe hacer orificios o modificaciones en equipos a prueba de explosión o a prueba de polvo, porque cualquier alteración anula la integridad y prueba de seguridad del equipo.
- h) Todos los pernos y partes enroscables de cajas y accesorios deben ser bien ajustados.
- i) Los equipos de área peligrosas expuestas a condiciones de severa corrosión deben ser listados como apropiados para esas condiciones, así como para condiciones peligrosas.
- j) Los equipos intrínsecamente seguros para áreas de división 1, deben ser cuidadosamente aplicados, de manera tal que se asegure su funcionamiento, tanto en condiciones normales como anormales de funcionamiento.

## 2. REGLAS ESPECIFICAS PARA EQUIPOS Y MATERIALES EN AREAS PELIGROSAS:

### Materiales.-

### Conductores.-

En general los conductores deberán ser sólidos o cableados y asilados para 600 voltios. Los conductores cableados se utilizan para aumentar la flexibilidad, por tanto su instalación es más cómoda que la instalación con conductores sólidos.

La capacidad de conducción de corriente eléctrica en conductores aislados está limitada por la temperatura que soporta el aislamiento, pero al mismo tiempo el tipo de aislamiento deberá habilitar al conductor a soportar la humedad, el ozono, la luz, la acción de hongos, podredumbre, aceites minerales, agua, ácidos, así como la intemperie y la abrasión.

En caso de utilizarse conductores vistos, estos deberán tener las características térmicas y mecánicas necesarias para evitar cualquier tipo

Car. No. \_\_\_\_\_

de accidente por contacto con materiales inflamables, altas temperaturas o grandes esfuerzos mecánicos.

#### Tipos de conductores.-

Los materiales de uso común en la elaboración de los conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

Con el objeto de tener un mejor criterio de comparación entre las características del cobre y del aluminio se ha incluido la Tabla V.

La mayoría de los conductores eléctricos emplean el cobre como material conductor, debido principalmente a su buena conductividad, además de su facilidad de ser trabajado y su ventaja económica.

Con las aleaciones de cobre es posible obtener conductores de mejores características mecánicas, a cambio de una disminución de la conductividad.



TABLA V

CARACTERISTICAS DE LOS METALES MAS UTILIZADOS COMO CONDUCTORES ELECTRICOS

	CONDUCTIVIDAD a 20°C.	PESO ESPECIFICO a 20°C.	RESISTIVIDAD
Cobre suave	100% 1 ACS	8.89 gr/cm <sup>3</sup>	0.01724 / $\frac{m}{mm^2}$
Cobre duro	07% 1 ACS	8.89 gr/cm <sup>3</sup>	0.1772 / $\frac{m}{mm^2}$
Aluminio	01% 1 ACS	2.703 gr/cm <sup>3</sup>	0.02828 / $\frac{m}{mm^2}$
Aleación de Al.	03% 1 ACS	2.703 gr/cm <sup>3</sup>	0.03223 / $\frac{m}{mm^2}$

El aluminio completamente puro es blando y tiene una carga de rotura muy pequeña. Con el fin de aumentar su resistencia a la tracción, se forman aleaciones de aluminio que generalmente tienen el 90 al 95% de aluminio.

Algunos metales de baja conductividad, podrían ser utilizados, si un incremento en las dimensiones y precio de los conductores fueran aceptables. La Tabla VI, muestra los valores de conductividad eléctrica relativa de algunos metales.

Los conductores se clasifican además, por el tipo de aislamiento. Para el aislamiento de los conductores se emplean básicamente productos sintéticos, caucho natural y papel impregnado. La Tabla VII-A y VII-B, muestran una clasificación de los distintos tipos de aislamiento de los conductores.

Cuando parte de la instalación eléctrica en un local peligrosos no se realiza dentro de canalizaciones o conductos, se recomienda la utilización del cable Tipo MI; por tratarse de un ca-

ble especial, analizaremos brevemente sus características.

El cable Tipo MI es un cable con blindaje metálico y aislamiento mineral, puede ser de uno o más conductores de cobre, aislados con un aisla

TABLA VI

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA RELATIVA DE ALGUNOS METALES

METAL	CONDUCTIBILIDAD ELECTRICA RELATIVA (COBRE 100)
Plata	106
Cobre	100
Aluminio	62
Zinc	29
Estaño	15
Acero	12
Plomo	8

miento mineral refractario (óxido de magnesio), altamente comprimido y encerrado en una cubierta tubular metálica, estanca a líquido y gases. Para los terminales, conexiones o cajas o salidas se deberán emplear accesorios aprobados para el lugar donde se instalen. La cubierta ex-

TABLA VII-A

CLASIFICACION DE AISLAMIENTOS

NOMBRE COMERCIAL	SIMBOLO	AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR
Código	R	Goma Código	Cubierta no metálica, resistente a la humedad retardada de llama.
Resistente a la humedad	RH RHH	Goma resistente de calor	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.
Resistente a la humedad	RW	Goma resistente a la humedad.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.
Resistente a la humedad y al calor.	RH-RW	Goma resistente al calor y a la humedad.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.
Resistente a la humedad y al calor.	RHW	Goma resistente al calor y a la humedad.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.
Goma Latex	RU	Goma sin grano, no molida, 90%.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.
Goma latex resistente al calor.	RUH	Goma sin grano, no molida 90%.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.
Goma latex resistente a la humedad.	RUW	Goma sin grano, no molida 90%.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.
Termoplástico resistente a la humedad.	TW	Termoplástico resistente a la humedad, retardadora de la llama.	NINGUNA

terior será de cobre, continúa, para proveer la protección mecánica y además, una trayectoria adecuada para la conexión a tierra. Este tipo de conductor se puede ver más claramente en la Fig. 4.1.

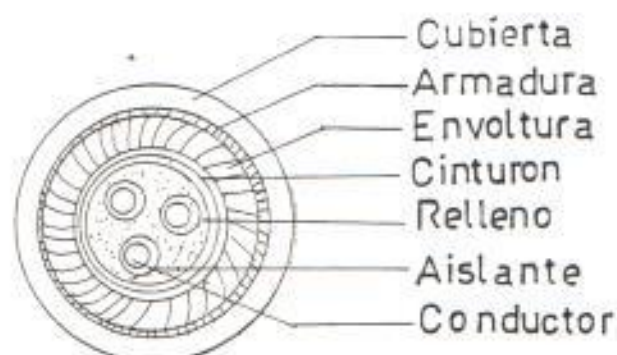


FIGURA 4.1.- CONDUCTOR BLINDADO (TIPO MI)

Este tipo de cable MI se recomienda utilizar en instalaciones en lugares peligrosos sea de la Clase I, Clase II y Clase III, tanto en instalaciones ocultas como a la vista.



TABLA VIIB

## CLASIFICACION DE AISLAMIENTOS (Continuación)

NOMBRE COMERCIAL	SIMBOLO	AISLAMIENTO	CUBIERTA EXTERIOR
Termoplástico resistente a la humedad y al calor.	THW	Retardador de la llama, resistente a la humedad y al calor.	NINGUNA
Termoplástico resistente a la humedad y al calor.	THWN	Retardador de la llama, resistente al calor y a la humedad termoplástico.	Cubierta de Nylon
Mineral comprimido	MI.	Mineral	Blindaje metálico

### Canalizaciones.-

El trazado de los circuitos estará condicionado al tipo de canalización y al hecho de que esta canalización debe estar a la vista; por lo tanto, es necesario definir estos aspectos conjuntamente con la ubicación de las salidas.

La canalización a la vista provee gran flexibilidad para alteraciones en la ubicación o magnitud de la carga, aunque inicialmente es más costosa y no es adecuada en el sentido decorativo.

### Canalizaciones rígidas metálicas.-

Para dar seguridad en el trazado de los circuitos deberán cumplir con lo siguiente:

- a) Todas las tuberías y ductos para canalizaciones, deberán ser metálicas, por ningún motivo se aceptarán de material plástico.
- b) En la construcción de los tubos rígidos debe usarse acero dúctil, hierro o acero forjado, una aleación de bronce y silicio, conteniendo

do por lo menos 1.25% de silicio, una aleación a base de aluminio conteniendo un porcentaje no mayor de 0.4% con un metal capaz de usarse en lugares peligrosos.

- c) Cada tubo deberá tener una sección transversal que permita el corte limpio de roscas exactas, y el espesor de las paredes deberá ser uniforme a través de la longitud del tubo. En el caso de existir soldaduras, éstas deberán estar perfectamente bien hechas, libres de rebabas y filos cortantes.
- d) Tanto la superficie interior como la superficie exterior de cada tubo de metal ferroso, deberá estar cuidadosamente limpio de toda costra y óxido.
- e) Tanto la superficie interior como exterior de un tubo rígido de metal ferroso deberá ser protegido contra la corrosión por medio de un recubrimiento galvano-plástico o por un recubrimiento equivalente. Los conductos metálicos no ferrosos y resistente a la corrosión no necesitan estar protegidos de tal forma.

- f) Para locales peligrosos Clase I, con atmósfera peligrosa del Grupo D, se deberá utilizar conductos de hierro o acero galvanizado con una cubierta de PVC.

#### Conductos metálicos flexibles.-

Los conductos metálicos flexibles se utilizan conjuntamente con sistemas de canalizaciones metálicas rígidas para proporcionar conexiones flexibles, será necesario considerar:

- a) Los conductos metálicos flexibles utilizados para trabajos pesados deberán ser examinados frecuentemente y reemplazarse a la primera indicación de daño o deterioro mecánico.
- b) En general, en cualquier lugar peligroso que se necesita la utilización de este tipo de conducto es necesario evitar el maltrato e inspeccionar frecuentemente sus partes.

#### Cajas metálicas.-

Las cajas metálicas en general son aquellas que

se utilizan para alojar equipos y dispositivos eléctricos, uniones de tuberías, derivaciones, cajas para drenaje, etc., las cuales permiten una operación segura en áreas bajo condiciones de peligrosidad extrema; por lo que las cajas metálicas deberán ser a prueba de explosión.

#### Cajas de paso y derivación.-

Las siguientes condiciones se deben observar al especificar cajas de paso y derivación según su clase y división.

#### Condiciones Clase I, División 1 y División 2.-

En áreas Clase I, tanto División 1, como División 2, se deberán usar cajas adecuadas para estas áreas las mismas que deben prevenir la ignición de un gas o vapor explosivo que la rodee.

Además de resistentes las cajas deben garantizar una operación fría, y ser seguras contra las llamas, este último término no implica que las cajas sean herméticamente selladas, más bien las juntas y rebordes mantienen espacios dentro de tolerancias estrechas. Estas juntas cuidado



samente fabricadas enfrían los gases calientes resultantes de una explosión interna de tal manera que cuando los gases salen al área peligrosa, ellos están demasiado fríos para causar una ignición. (Existen dos diseños de juntas reconocidas que producen este control, "juntas rosca-das" y "juntas planas"). No se debe aplicar pintura o un material sellante sobre la superficie de contacto de las juntas, puede aplicarse una grasa apropiada como el petrolato, aceite mineral, un compuesto lubricante que no se seque, la grasa debe ser del tipo que no se endure con el tiempo, que no tenga un solvente, y que no cause corrosión a las superficies de acople, se dan algunos tipos en las figuras: 4.2; 4.3; 4.4 y 4.5.

#### Condiciones Clase II.-

En estas áreas se requieren un tipo de cajas diseñadas para excluir el polvo y operar a temperaturas límites específicas.

El equipo a prueba de polvo e ignición es generalmente más económico y es el que debe usarse en áreas Clase II, sin embargo, puede usarse

cajas a prueba de explosión, si ellos son aprobados para áreas Clase II, y el tipo particular involucrado.

El equipo a prueba de polvo e ignición es protegido de tal manera que se excluya cantidades inflamables de polvo o cantidades que puedan afectar el rendimiento del equipo y no permita que arcos, chispas o calor dentro del compartimiento cause la ignición de polvo acumulado en la parte exterior del equipo o en suspensión en la atmósfera que lo rodea. Se dan algunos tipos en las figuras: 4.6; 4.7; 4.8 y 4.9.

#### Condiciones Clase III.-

Las cajas adecuadas para áreas Clase III, están diseñadas para que el equipo instalado funcione a plena carga sin desarrollar temperaturas exteriores o superficiales suficientemente altas para causar excesiva deshidratación o carbonización gradual de fibras acumuladas.

Las tapas de estas cajas, son firmemente cerradas con medios efectivos que evitan el escape de chispas o materiales en combustión. Se dan

Algunos tipos en la Figura 4.10.

#### Tableros de distribución.-

Para la elección adecuada de los tableros de distribución, se deberá considerar lo siguiente:

- a) Todos los tableros de distribución deben tener una capacidad no inferior a la mínima exigida al alimentador para la carga que ha sido calculada.
- b) Deberán ser aprobados para su utilización en lugares peligrosos, es decir serán "a prueba de explosión".
- c) Las cubiertas metálicas de los tableros de distribución deberán satisfacer los requerimientos que se indican para las cajas metálicas.
- d) El espacio detrás de los tableros debe conservarse libre de material extraño.
- e) Los paneles listados para áreas peligrosas

Clase I y Clase II, son para alumbrado y distribución de fuerza de baja capacidad.

Se dan algunos tipos para las diferentes áreas y divisiones en las Fig. 4.11; 4.12 y 4.13.

#### Compuestos aislantes.-

Los compuestos aislantes son aquellos con los cuales se hacen los sellos para aislar tramos de tuberías o cajas que alojan equipos o dispositivos eléctricos.

Las características que deben tener los compuestos aislantes son las siguientes:

- a) Los compuestos aislantes deberán ser aprobados para su uso en lugares peligrosos, y no deberán ser afectados por la atmósfera o líquidos que los rodeen.
- b) Los compuestos al fraguar deberán expandirse, evitando así el paso de vapores y gases.

c) El punto de fusión no será inferior a 90°C

Se da un tipo de compuesto aislante en la Fig. 4.14.

#### Sellos.-

Se puede decir que un sello es un accesorio para tubería rígida expresamente diseñado para prevenir el paso de gases, vapores, llama o humedad de un punto del sistema a otro, algunos son diseñados especialmente para instalarse en forma sólo horizontal o sólo vertical, otros son de tipo universal para instalarse en cualquiera de las dos formas.

Un sello para sea efectivo y se lo utilice en áreas peligrosas, debe reunir varias condiciones y características:

- a) Debe ser a prueba de explosión, la mezcla sellante mientras se endurece, debe desarrollar suficiente resistencia mecánica para soportar las fuerzas explosivas.



- b) Debe ser hermético al vapor para detener gases y vapores. Para esto, la mezcla sellante debe adherirse a las paredes del sello y a los conductores.
  
- c) El accesorio debe ser propiamente diseñado, y suficientemente fuerte para soportar las fuerzas creadas por explosiones internas en cualquiera de los lados.
  
- d) Si el sello tiene una abertura separada para instalar la fibra, éste debe cerrarse antes de vaciar la mezcla sellante.
  
- e) El compuesto sellante, debe ser aprobado para usarse con el tipo de aislamiento de los conductores.

Se dan varios tipos de sellos para las diferentes áreas, división y tubos, de las Fig. 4.15; 4.16 y 4.17.

#### Equipos eléctricos.-

El equipo eléctrico de una instalación en luga-

res peligrosos, puede ser causa de explosiones, pues sus componentes son susceptibles de generar calor o arcos eléctricos al cerrar o abrir los circuitos.

En vista de que el equipo eléctrico, motores y sus controles, lámparas, interruptores, etc., y la energía para operarlos, son esenciales para el funcionamiento de plantas industriales, es imprescindible que el sistema eléctrico de distribución, así como el equipo, estén protegidos de tal manera que los arcos eléctricos o la temperatura no constituyan un problema que pueda causar una explosión. Solamente aquel equipo diseñado específicamente para lugares peligrosos debe utilizarse.

#### Motores.-

Como se necesita motores eléctricos para mover bombas, compresores, ventiladores, sopladores, extractores, transportadores y herramientas, su presencia en atmósferas peligrosas, es frecuentemente inevitable. La selección del tipo adecuado del motor es muy importante ya que esta tiene una influencia considerable en el costo

inicial. El tipo de atmósferas peligrosa y las condiciones corrosivas son factores principales en esta selección, ya que dictan 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 una planta industrial; consecuentemente, ningún tipo único de construcción de motor es adecuado para todas las aplicaciones.

Las reglas y consideraciones más importantes que hay que tener en cuenta en la selección de los motores eléctricos son:

- a) Los motores deben ser aprobados para clases y grupos, esta categoría cubre motores para áreas Clase I, Grupos C y D y áreas Clase II, Grupos E, F y G.
  
- b) No se debe asumir que motores diseñados para una clasificación determinada, son apropiados para una área peligrosa de diferente Grupo de clasificación.

- c) No existen motores listados para los Grupos A y B, en consecuencia, en áreas con tales condiciones los motores deben instalarse fuera del área peligrosa.
- d) Los motores apropiados para áreas Clase I, División 1, Grupo C y D son designados como a prueba de explosión.
- e) Los motores para áreas Clase II son los designados a prueba de polvo e ignición.
- f) Los motores para uso en áreas Clase I, División 2, y Clase II, División 2, pueden ser del tipo abierto o cerrado y no ser a prueba de explosión, siempre y cuando no tengan escobillas, mecanismos de interrupción, o artefactos resistivos.
- g) En áreas donde el polvo o materiales volantes pueden acumularse en los motores en tal forma y cantidad, que interfiera con su enfriamiento o ventilación, es necesario el uso de motores cerrados ventilados por tuberías o instalar el motor en cuarto separado a prueba de polvo y propiamente ventilado.

### Transformadores.-

Transformadores de voltaje para instalación interior existen en los siguientes tipos:

- a) Seco
- b) Con contenido de aceite
- c) Con contenido de askarel

Los transformadores tipo seco para la Clase I, División 1, deben ser a prueba de explosión.

Los transformadores con contenido de aceite y con contenido de askarel, en área de la Clase I, División 1, por ninguna circunstancia deberán ser instalados. En áreas Clase I, División 2, deben ser de seguridad aumentada, totalmente cerrados con alarma por alta temperatura.

Los transformadores que se deberán usar en las áreas Clase II, deberán funcionar en su capacidad nominal o de sobrecarga sin desarrollar temperaturas superficiales que superen los 165°C.



Enchufes y tomacorrientes.-

En la mayoría de los artefactos a prueba de explosión todas las partes que conducen corriente están encerradas dentro del artefacto.

Sin embargo, en los tomacorrientes y enchufes el contacto se realiza fuera. Las reglas que deben tener estos dispositivos para su uso en atmósferas explosivas son:

- a) Los tomacorrientes para áreas Clase I, División 1 y Clase II, División 1, están equipados con cajas para instalarse con tubería rígida roscada y provistos de un sello de fábrica entre el tomacorriente y su caja de conexión.
- b) Los tomacorrientes para áreas Clase I, División 2, pueden usarse con cajas de propósito general para la conexión de los cables de alimentación, solamente, si los conductores de salida del tomacorriente son sellados de fábrica.
- c) Para áreas Clase I y Clase II, se fabrican

tomacorrientes interconectados con interruptores de tal manera que el enchufe no se pueda remover del tomacorriente cuando el interruptor está cerrado.

La construcción con interconexión mecánica requiere que el enchufe se inserte completamente en el tomacorriente, cuando el interruptor está cerrado.

El tipo de acción retardada tiene un mecanismo en el tomacorriente que previene la desconexión completa del enchufe hasta que la conexión este interrumpida, permitiendo que cualquier arco o chispa se apague en la cámara de arco. La conexión del enchufe sella la cámara del arco antes de que se establezca la conexión a tierra.

En las figuras 4.18 a 4.24, se dan varios tipos para las diferentes clases y divisiones.

#### Interruptores, conmutadores, resistencias y fusibles.-

Esta parte comprende todos los tipos de interrup

tores y disyuntores de línea y de las derivaciones, conmutadores de motor, incluyendo botones pulsadores, interruptores piloto e interruptores para el mando de circuitos de alumbrado y aparatos.

Los interruptores que se utilicen para proteger conductores, equipo de control y motores, contra cortocircuitos y fallas de tierra, deberán seleccionarse con mucho cuidado, considerando:

- a) Que el voltaje especificado del interruptor sea el mismo o mayor que el voltaje del circuito.
- b) Que la capacidad de interrupción del interruptor sea mayor que la que pudiera producirse por un cortocircuito a los terminales del mismo.

Cuando se utilicen interruptores termomagnéticos en circuitos de motores, estos deberán dispararse cuando menos al 115% de la corriente a plena carga. Cuando los interruptores se utilicen en lugares donde la temperatura ambiente es

muy alta deberán ser especialmente calibrados a la carga de disparo disminuída para compensar por la temperatura ambiente más alta.

Los conmutadores son utilizados en las plantas industriales, cuando se requiere obtener corriente continua de sistemas de corriente alterna.

La utilización de resistencias en las plantas industriales, ya sea para la obtención de calor o para la regulación de voltaje se la debe realizar, evitando en lo posible ubicarlas dentro de las áreas peligrosas, por cuanto la producción de calor constituyen uno de los mayores peligros de explosión en los lugares que contienen concentraciones atmosféricas explosivas.

Los fusibles deberán ser escogidos cuidadosamente en cuanto a su capacidad, con el objeto de tener una adecuada protección de las instalaciones eléctricas.

Tanto los interruptores, conmutadores, resistencias y fusibles dependiendo de la área donde van a ser utilizados, estos equipos tendrán las res

pectivas características tanto en el aspecto de seguridad como de funcionamiento para evitar una explosión. Esto significa que deberán estar aprobados para ser utilizados en determinada área peligrosa, entonces se deberá tener sumo cuidado al utilizar cualquiera de estos equipos eléctricos dando de esta manera una buena seguridad en las instalaciones eléctricas de una determinada planta o industria.

En las figuras 4.25 a 4.34 se dan varios tipos de interruptores y conmutadores para las diferentes clases y divisiones.

#### Sistemas de alumbrado.-

El alumbrado en lugares peligrosos se localiza principalmente en donde se necesite, sin importar la simetría de la instalación.

Aún cuando el alumbrado incandescente es ampliamente utilizado, existen luminarias fluorescentes y de mercurio aprobadas para lugares peligrosos y que tienen mayor eficacia lumínica. El costo inicial mayor de estas luminarias se compensa con el menor costo de operación.



### Alumbrado fijo.-

Cada aparato de alumbrado deberá ser aprobado como un conjunto completo para los lugares de instalación, y llevarán una indicación clara indicando la potencia máxima en Watt, de las lámparas para las que está aprobado.

Las lámparas a prueba de explosión son dispositivos que producen calor, y por lo tanto, las temperaturas de operación resultan ser muy importantes.

La temperatura exterior de la cubierta de una lámpara no debe exceder los 180°C para locales Clase I, División 1, Grupo C y 280°C, para Clase I, División 1, Grupo D. Estos límites están basados en una temperatura ambiente de 40°C.

En locales Clase I, División 2, se exige que las temperaturas de operación no excedan del 80% de la temperatura de ignición del vapor o gas 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 las lámparas no deberán exceder del 80% o sea 224°C.

Para asegurarse que la temperatura de operación de las lámparas no son sobrepasadas es indispensable usar siempre los focos especificados en cada aparato de alumbrado.

Las temperaturas máximas de seguridad establecidas para los tres grupos de polvo Clase II son los siguientes: Grupo E y F, 200°C; Grupo C, 165°C.

Las cajas o ajustes utilizados para soportar aparatos de alumbrado fijo deberán ser aprobados para su utilización en lugares peligrosos.

Basados en la correlación entre los requerimientos del NEC y los datos de productos certificados (listados) se puede sugerir las siguientes reglas:

- a) En áreas Clase I, División 1, deben usarse solamente luminarias listadas por un laboratorio de pruebas reconocido.
- b) Una luminaria reconocida para usos en lugares peligrosos División 1, debe estar marca-

da "Luminaria eléctrica para áreas peligrosas" y debe decir el grupo o los grupos de atmósferas peligrosas para las cuales es adecuada. Si una luminaria o accesorio no es reconocida para áreas División 1, pero está limitada para áreas División 2, debe estar marcada "Luminaria eléctrica para áreas peligrosas División 2 solamente".

- c) Luminarias para áreas Clase I, División 1, con temperatura superficial externa sobre 100°C debe tener marcada la temperatura de operación.
  
- d) En áreas Clase I, División 2, deben usarse luminarias listadas para esas aplicaciones o, podría usarse luminarias para áreas Clase I, División 1.
  
- e) Luminarias para áreas Clase I, División 1 y División 2, son diseñadas para operar sin peligro de inflamar la atmósfera de uno o más grupos para los cuales la luminaria está listada. Una luminaria para áreas Clase I, División 1, tiene el compartimiento de la

lámpara sellada del compartimiento de conexión para los cables de entrada.

- f) Las luminarias para áreas Clase I, División 2, son listadas en dos formas: Algunas como "Solamente Clase I, División 2" sin referencia a Grupo o Grupos. Otras son listadas con una indicación de los grupos para los cuales son aceptados. Por ejemplo "Clase I, Grupos A, B, C y D, División 2, solamente".

Una luminaria para Clase I, sin designación de grupo no debe ser usada en áreas peligrosas donde la temperatura de ignición es inferior a la temperatura de operación de la luminaria.

- g) Las luminarias para áreas Clase II, División 1 y División 2, son probadas su seguridad contra el polvo y operación seguras en atmósferas con presencia de polvos.

- h) Las luminarias para áreas Clase II, División 2, Grupo G, normalmente son del tipo cerrado y con empaque. Sin embargo además tales lu-

minarias no deben tener una temperatura superior exterior superior a 165°C.

- j) En áreas Clase III, División 2, las luminarias deben minimizar la entrada de fibras y materiales combustibles volantes, y prevenir el escape de chispas o metal caliente. La temperatura superficial de la unidad debe estar limitada a 165°C.
- k) Cualquier luminaria sujeta a ruptura debe ser equipada con un protector.
- l) Luminarias para áreas húmedas y aquellas aceptables para usos donde se puedan acumular los residuos de pintura combustible, deben estar marcadas indicando tal reconocimiento.

#### Lámparas portátiles.-

Los aparatos de alumbrado portátil deberán ser aprobados como un conjunto para dicho uso y deberán cumplir con lo dispuesto anteriormente para el alumbrado fijo.



Los cordones flexibles que se empleen en la conexión a una lámpara portátil, deberán ser del tipo aprobado para trabajo pesado, contendrán además de los conductores del circuito un conductor para conexión a tierra con una marca continua que lo distinga fácilmente del otro conductor o conductores.

Los conductores utilizados en los cordones flexibles deberán ser herméticos para su conexión a los tomacorrientes o receptáculos.

Se dan en las Figuras 4.35 a 4.46 algunos tipos, para las diferentes áreas, divisiones y grupos.

#### Sistema de intercomunicadores.-

Fundamentalmente existen dos sistemas: el llamado "radial", que cuenta con una estación central desde la cual se puede llamar a todos y cada uno de los anexos, pudiendo a la vez los anexos hacerlo únicamente a la estación; y el sistema denominado "en estrella", en el que es posible la comunicación entre dos cualquiera de los anexos del sistema.

Todos los equipos y dispositivos deben ser aprobados para el área donde deban ser instalados en determinada planta o industria.

Al momento de utilizar cualquiera de los sistemas mencionados se deberá tener sumo cuidado en la elección de los equipos a ser instalados en áreas peligrosas, esto es necesario para evitar posibles peligros de explosión.

En las figuras 4.47 a 4.52 se dan varios tipos de alarma y comunicación para las diferentes clases y divisiones.

#### Sistemas de seguridad y señalización.-

En los lugares peligrosos y en lugares especiales tales como áreas de hospitales, hangares de aviación, etc., es necesario la instalación de sistemas de seguridad y señalización adecuados que permitan detectar fallas en las instalaciones o accidentes tales como incendios.

Entre los sistemas de seguridad y señalización tenemos: sistemas de alarma, sistemas intercomu

nicadores. Se hablará de estos dos sistemas solamente, debido a que en nuestro medio son los más utilizados, esto debido a que son de mucha importancia en una industria o planta, con mucha más razón donde exista la presencia de atmósferas peligrosas.

#### Sistema de alarma de incendio.-

Debe estar dotado de supervisión automática que indique cualquier caso que pudiera hacer fallar la alarma cuando más se necesite.

Deberá tener medios audibles y visibles (anunciadores), que permitan ubicar al detector de fuego donde se origino la señal de alarma.

El sistema incluye detectores de fuego automáticos, con regulador de temperatura o de temperatura fija. Las señales pueden ser del tipo de campanilla o trompeta.

Todos los equipos para el sistema de alarma de incendio deberán ser aprobados para el área peligrosa en la cual se va a instalar.

Car. No.



FIGURA 4.2-CAJA TIPO OEC;  
CLASE I, DIV 1,  
GRUPOS C,D.



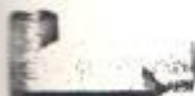
FIGURA 4.4-CAJA TIPO GUAT;  
CLASE II, DIV 1.



FIGURA 4.3-CAJA TIPO EABC;  
CLASE I, DIV 1,  
GRUPOS A,B,C,D.



FIGURA 4.7-CAJA TIPO OLL;  
CLASE II, DIV 1.



LB



C



T

FIGURA 4.4-CAJAS TIPOS LB, C, T;  
CLASE I, DIV 2.



FIGURA 4.8-CAJA TIPO BLB;  
CLASE II, DIV 2.



FIGURA 4.5-CAJA TIPO WJB;  
CLASE I, DIV 2.



FIGURA 4.9-CAJA TIPO RS;  
CLASE II, DIV 2.



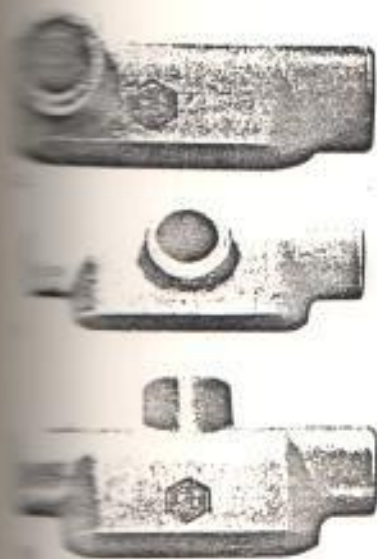


FIGURA 4.10.-CAJAS TIPOS LL, T, TB;  
CLASE III, DIV 1.



FIGURA 4.13.-TABLERO TIPO DVP;  
CLASES II Y III, DIV 1,  
DIV 2.



FIGURA 4.11.-TABLERO TIPO EDP;  
CLASE I, DIV 1, DIV 2.

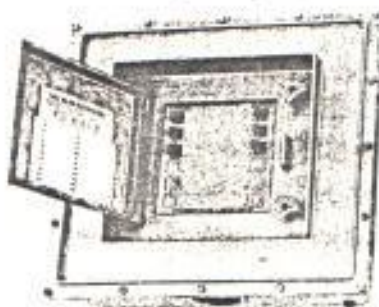


FIGURA 4.12.-TABLERO TIPO D2PB;  
CLASE I, DIV 2.





FIGURA 4.14.-MATERIAL SELLANTE



FIGURA 4.17.-SELLO TIPO EYS



FIGURA 4.15.-SELLO TIPO EYD

FIGURA 4.18.-TOMACORRIENTE  
TIPO CPS:CLASE III,  
DIV 1, DIV 2.

FIGURA 4.16.-SELLO TIPO E2S

FIGURA 4.19.-ENCHUFE TIPO CPH:  
CLASE I, DIV 1, DIV 2.



FIGURA 4.20 - TOMACORRIENTE TIPO PSQC;  
CLASE I, DIV 1, DIV 2.

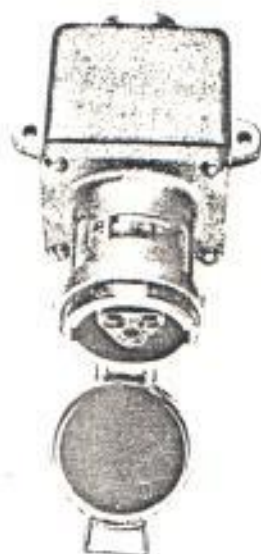


FIGURA 4.22 - TOMACORRIENTE  
TIPO ARE; CLASE II,  
DIV 2,



FIGURA 4.21 - TOMACORRIENTE CON  
INTERRUPTOR TIPO DBR;  
CLASE III, DIV 1, DIV 2.



FIGURA 4.23 - TOMACORRIENTE  
TIPO ARE; CLASE III.



FIGURA 4.24 - TOMACORRIENTE CON  
INTERRUPTOR  
TIPO WSR; CLASE III,  
DIV 1, DIV 2.



FIGURA 4.25.-INTERRUPTOR TIPO EPC:  
CLASE I, DIV 1 DIV 2.



FIGURA 4.28.-BOTONERA MARCHA PARO  
TIPO EDS:CLASE I.

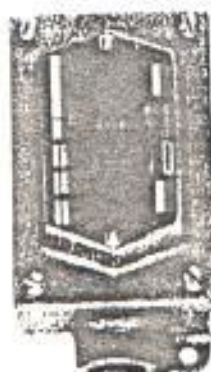


FIGURA 4.29.-BOTONERA DE PARO  
TIPO EFS:CLASE II,  
DIV 1.



FIGURA 4.26.-BOTONERA DE PARO  
TIPO EFS CLASE I  
DIV 1 DIV 2



FIGURA 4.27.-INTERRUPTOR TIPO EDC:  
CLASE I.

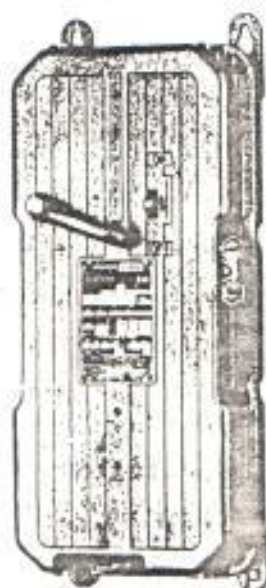


FIGURA 4.30.-INTERRUPTOR TIPO DMC:  
CLASE II, DIV 1.



FIGURA 4.31- INTERRUPTOR TIPO WST:  
CLASE II, DIV 2.

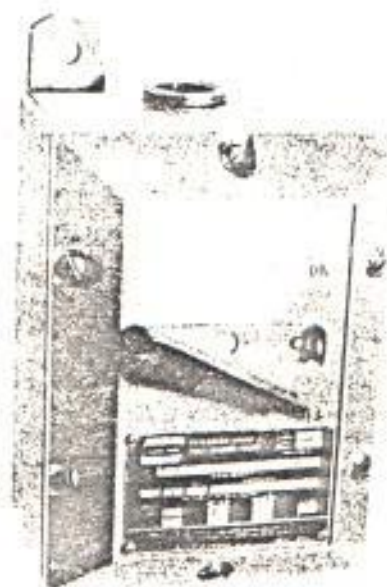


FIGURA 4.33- INTERRUPTOR TIPO EMN:  
CLASE III.



FIGURA 4.32- BOTONERA MARCHA-PARO  
TIPO EWC:CLASE III.



FIGURA 4.34- BOTONERA MARCHA  
PARO TIPO MC:  
CLASE III.



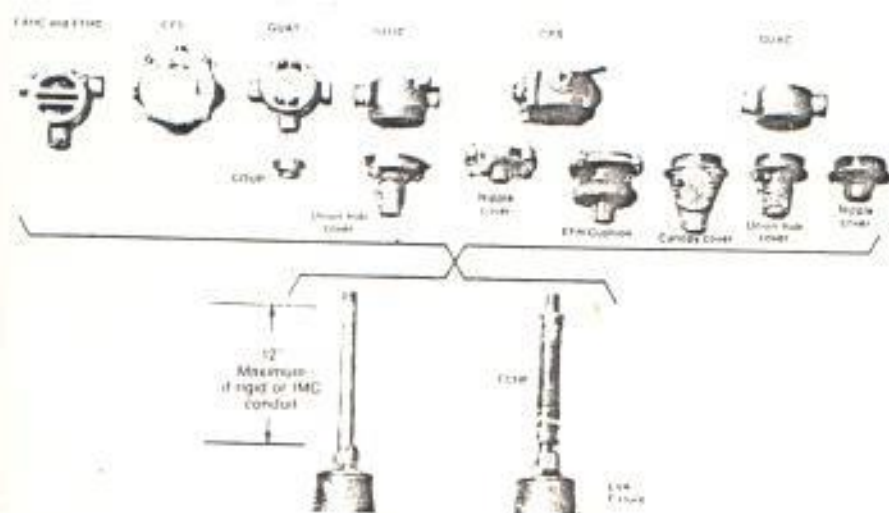


FIGURA 4.35.- ACCESORIOS PARA LUMINARIA, VARIOS TIPOS:  
CLASE 1, DIV 1, DIV 2.



FIGURA 4.36.- LAMPARA TIPO EY:  
CLASE 1, DIV 1,  
GRUPOS A, B.



FIGURA 4.37.- LAMPARA TIPO EYBX:  
CLASE 1, DIV 1.



FIGURA 4.38.- LAMPARA FLUORESCENTE TIPO EYF:  
CLASE 1, DIV 1.





FIGURA 4.39.- LAMPARA TIPO CHAMP;  
CLASE I, DIV 2.

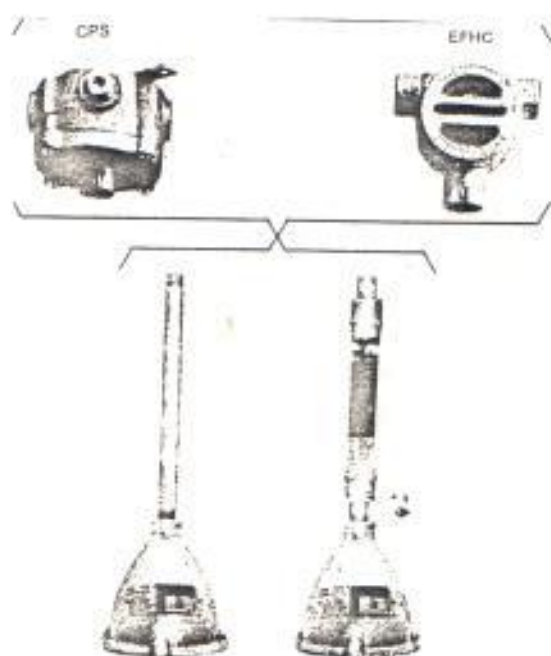


FIGURA 4.41.- ACCESORIOS PARA LAMPARA  
VARIOS TIPOS: CLASE II, DIV 1.



FIGURA 4.40.- LAMPARA PORTATIL TIPO EVH;  
CLASE I, DIV 2.

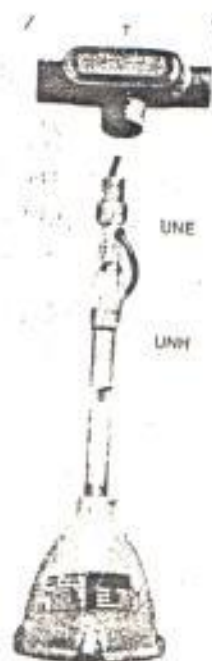


FIGURA 4.42.- ACCESORIOS PARA  
LAMPARA CLASE II;  
DIV 1.



FIGURA 4.44.-LÁMPARA TIPO YMV:  
CLASE II, DIV 2.



FIGURA 4.43.-LÁMPARA TIPO OLA:  
CLASE II, DIV 2.

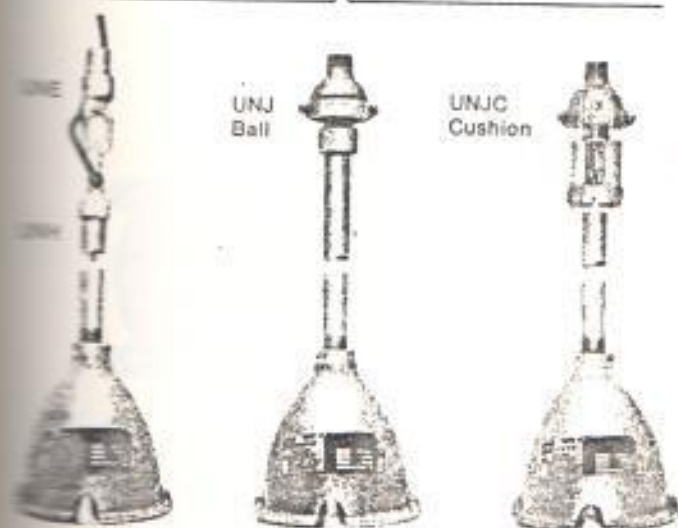


FIGURA 4.45.- ACCESORIOS PARA LAMPARAS  
VARIOS TIPOS: CLASE III, DIV 1,  
DIV 2.



FIGURA 4.46.-LÁMPARA TIPO VXFH:  
CLASE III, DIV 1,  
DIV 2.



FIGURA 4.47.- BOCINA TIPO ETH:  
CLASE I, DIV 1,  
DIV 2.



FIGURA 4.50.- BOCINA TIPO ETH:  
CLASE II, DIV 1.

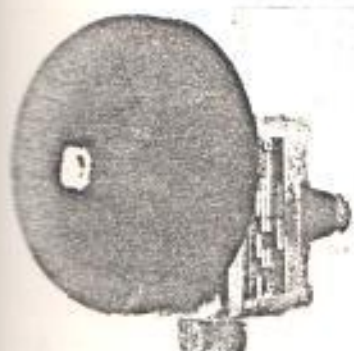


FIGURA 4.48.- CAMPANA TIPO ESR:  
CLASE I, DIV 1,  
DIV 2.

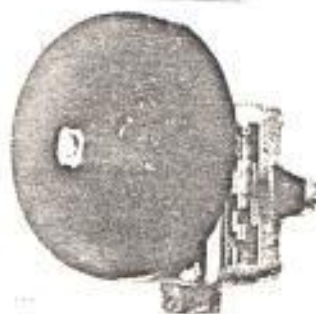


FIGURA 4.51.- CAMPANA TIPO ESR:  
CLASE II, DIV 1.

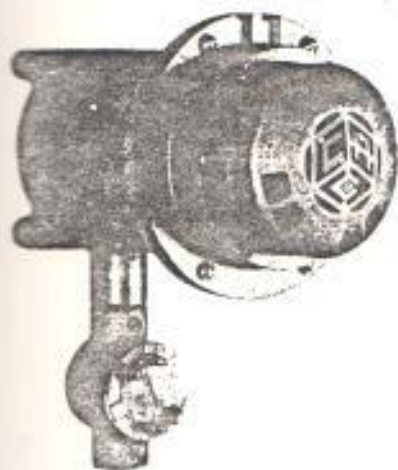


FIGURA 4.49.- SIRENA TIPO ETH:  
CLASE II, DIV 1.

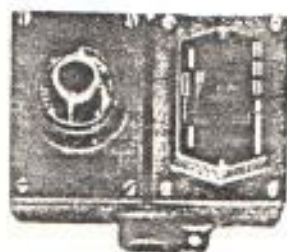


FIGURA 4.52.- BOTONERA CON LUZ  
PILOTO TIPO EFS:  
CLASE II, DIV 1.

## CAPITULO V

### INSTALACIONES EN LAS AREAS PELIGROSAS

#### 5.1 CONSIDERACIONES GENERALES.-

Las recomendaciones que se dan para las instalaciones eléctricas, serán para voltajes de hasta 600 voltios.

A continuación se dan los distintos tipos de servicio que pueden ser suministrados normalmente por las Empresas Eléctricas en nuestro país, siempre en corriente alterna y de 60 c/s.

#### a) Monofásicos:

120	voltios	2 hilos
120/240	voltios	3 hilos

#### b) Trifásicos:

240	voltios (triángulo)	3 hilos
208	voltios (estrella)	3 hilos

Ann. No. \_\_\_\_\_

120/240	voltios (triángulo)	4 hilos
120/208	voltios (estrella)	4 hilos

De acuerdo a las necesidades es probable u a instalación eléctrica a un voltaje distinto al indicado en el cuadro anterior, pero en ningún caso estos deberán ser superiores a 600 voltios; como se indicó anteriormente.

Es de vital importancia una apropiada instalación eléctrica en toda área clasificada como peligrosa, ya que de no ocurrir esto de nada serviría tener los equipos y materiales adecuados. A continuación se pone a consideración del diseñador y constructor eléctrico las principales normas a seguir para realizar las instalaciones eléctricas en lugares peligrosos.

## 3.2 INSTALACION DE CONDUCTORES.-

La instalación de los conductores de los diferentes circuitos por la importancia que representa, se debe considerar las siguientes normas para su instalación:

a) La mano de obra deberá ser ejecutada por obreros



especializados y con las herramientas adecuadas para cada caso.

- b) Los conductores deberán instalarse dentro de tubos o canalizaciones. Para una fácil identificación los conductores deberán tener un aislamiento de color a lo largo de toda la instalación.
- c) En caso de que un conductor, por razones técnicas de fabricación no pueda cumplir con este requisito, deberá usarse un método adecuado para una fácil identificación, como por ejemplo marcas de color colocadas en los terminales.
- d) Los conductores deberán ser de sección suficiente para conducir sin peligro la corriente de máxima demanda de la instalación que va a servir, considerando posibles aumentos futuros en el uso de la energía eléctrica. (Capacidad de conducción de los conductores está dada en las Tablas VII-A y VII-B, para el cobre y Tablas IX-A, IX-B para el aluminio).
- e) Cuando la temperatura ambiente varía, consecuentemente varía la capacidad admisible de conduc-

TABLA VIII - A  
CAPACIDADES DE TRANSPORTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS DE  
COBRE EXPRESADOS EN AMPERIOS

(no más de tres conductores en conducto, basado en una temperatura ambiente media de 30°C.)

Tamaño	Goma tipos R, RW, RU, RUM Tipo RH-RW (*) termoplástica tipo TW	Goma tipo RH, RUH tipo RH-RW (*) tipo RHW, termoplástico Tipo THW, THW	Cable tipo MI RHH (1)
14	15	15	25
12	20	20	30
10	30	30	30
8	40	45	50
6	55	65	70
4	70	85	90
3	80	100	105
2	95	115	120
1	110	130	140
0	125	150	155
00	145	175	185
000	165	200	210
0000	195	230	235
00000	240	285	270
300	260	310	300
350	280		325
400			

TABLA VIII - B

(Continuación)

Tamaño	Goma tipos R, RW, RU, RUW tipo RH-RW (*) termoplástica tipo TW	Goma tipo RH, RUH tipo RH-RW (*) tipo RHW, termoplástico tipo THW, THN	Cable tipo MI RHH (1)
600	355	420	455
700	385	460	490
750	400	475	500
800	410	490	515
900	435	520	515
1000	455	545	585
1250	495	590	645
1500	520	625	700
1700	545	650	735
2000	560	665	775

ción, por lo que en la Tabla X, tenemos los factores de corrección, por los cuales se debe multiplicar los valores de las Tablas VIII-A; VIII-B; IX -A y IX -B, de acuerdo a la temperatura ambiente existente.

- f) En las instalaciones con neutro, el conductor neutro debe tener una capacidad suficiente para llevar la corriente originada por la máxima condición de desequilibrio del sistema.
- g) No deberá usarse ningún conductor en condiciones tales que su temperatura exceda la temperatura especificada para el tipo de aislante que se emplea.
- h) Cada conductor activo de un sistema debe tener en serie con él, un dispositivo de protección de sobrecarga regulado a un valor de corriente no mayor que la capacidad del conductor en amperios.
- i) Los conductores deben ser continuos de derivación a derivación y no deben haber empalmes intermedios dentro de la canalización. En el caso que se requiera empalmar los conductores debe usarse una caja de empalme.

TABLA IX - A

## CAPACIDADES DE TRANSPORTE DE CORRIENTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES

## AISLADOS DE ALUMINIO, EXPRESADOS EN AMPERIOS

(no más de tres conductores en conducto, se basa en una temperatura ambiente de 30° C.

Tamaño AWG	Gomas tipos R, RW, RU, RUW Tipo RH-RW (*) termoplástico tipo TW	Goma tipo RH, RUH tipo RH-RW (*) Tipo RHW, termoplástico tipos THW, THWN	Calbe Tipo MI RHH (1)
12	15	15	12
10	25	25	30
8	30	40	40
6	40	50	55
4	55	65	70
3	65	75	80
2	76	90	95
1	85	100	110
0	100	120	125
00	115	135	145
000	130	155	155
0000	155	180	180



TABLA IX - B

Tamaño AWG	Gomas tipos R, RW, RU, RUW, TIPO RH-RW (*) Tipos THW, THWN	Goma tipo RH, RUH Tipo RH-RW(*) Tipos THW, THWN	Cable Tipo MI
250	170	205	215
300	190	230	240
350	210	250	260
400	225	270	290
500	260	310	330
600	285	340	370
700	310	375	395
750	320	335	405
800	330	395	416
900	355	425	455
1000	375	445	480
1250	405	485	530
1500	435	520	580
1750	455	545	615
2000	470	560	650

Notas: (\*) Si se emplea en lugares mojados un conductor con aislante de forma Tipo RH-RW, las características de transporte permisibles serán las de la columna 2 en la tabla. Si se emplea en lugares secos, las capacidades de transporte a corriente permisibles serán las de la columna 3 en la tabla.

(1) Las capacidades de transporte de corriente para los conductores RHH, en tamaños AWB, 12, 10 y 8 serán las mismas, señaladas para conductores tipo RH en la tabla.

TABLA X  
FACTORES DE CORRECCION DE CORRIENTE PARA TEMPERATURAS AMBIENTES SUPERIORES A  
30° C.

Temperatura Ambiente	Goma, Tipos R, RW, RU, RUM Tipo RH-RW termoplástico TW	Goma tipos RH, RUH Tipo RH, RW Tipo RHW, termoplást Tipo THW, THWN	Cable MI RHH
40	82	88	90
45	71	82	85
50	58	75	80
55	41	67	74
60		58	67
70		35	52
75			43
80			30
90			
100			
120			
140			

- j) Ningún conductor deberá ser sometido a esfuerzos mecánicos de tensión mayores que los especificados por el fabricante.
- k) Después de que se han colocado todos los conductos se introducen en ellos los conductores. Para ello es ventajoso introducir previamente aire desde las cajas de revisión o de conexión y un poco de talco con el fin de que las paredes sean resbaladizas, o también se debe frotar con talco o parafina el propio conductor. Después se introduce una cinta de acero de 3 a 5 mm. de ancho; aún cuando no sea preciso utilizar cajas de derivación son necesarias en todo caso algunas cajas intermedias. El conductor se sujeta del extremo de la cinta de acero y después se pasa por el tubo tirando hacia atrás de dicha cinta; se debe pasar siempre a la vez todos los conductores que corresponden a un conducto, para lo cual se los sujetará simultáneamente a la cinta de acero.

Aunque el utilizar la cinta de acero es lo recomendable, se puede utilizar también alambre galvanizado y proceder igual que con la cinta de acero para pasar los conductores a través de los conductos. El uso de alambre galvanizado es más

frecuente debido a que presta una mayor facilidad para trabajar y además se encuentra más fácilmente en el mercado.

- m) Cuando se trate de un solo conductor grueso, conviene pasar con la cinta metálica un bramante fuerte, por medio del cual se arrastra al conductor. Los empalmes de los conductores no se harán nunca dentro de los conductos, sino en una de las cajas de conexión.
- n) Si se emplea conductos con envolvente de acero y en caso de corrientes monofásicas se introducirán necesariamente los dos conductores o, si se trata de corriente trifásica, los tres conductores en un mismo ducto, ya que de no hacerlo así, la envolvente se calienta por efecto de las corrientes de inducción que en ellas se producen.
- o) Si el número de conductores en la canalización excede de tres, la capacidad de corriente permitida de cada conductor, debe reducirse en los porcentajes indicados a continuación. (Ver tabla XI).
- p) En el caso de que el cable tipo MI se instale a la vista, éste debe estar soportado firmemente

TABLA XI

NUMERO DE CONDUCTORES.	PORCENTAJES DE LOS VALORES DE LAS TABLAS VIII y IX
4 a 6	80%
7 a 24	70%
25 a 42	60%
43 o más	50%

por grapas, bridas, abrazaderas, soportes, colgantes o ajustes similares, diseñados e instalados de tal forma que no ocasionen daño al cable. El cable tipo MI debe estar asegurado a intervalos no mayores de 1.8 mts., excepto cuando el cable vaya metido por un conducto.

- q) Los codos deben hacerse de modo que el cable no se dañe, el radio de curvatura de la parte interior del cable tipo MI no debe ser menor de cinco(5) veces el diámetro del cable.
- r) En todos los puntos en donde termine el cable con funda metálica y aislante mineral, debe disponerse inmediatamente después de la parte encintada una junta hermética para impedir la entrada de



la humedad en el aislamiento mineral, la junta deberá ser aprobada para el lugar donde se instale.

- s) En ningún caso el cable tipo MI deberá estar expuesto a temperaturas de trabajo superiores a 250°C.

### 5.3 INSTALACION DE CANALIZACIONES Y CONDUCTOS.-

A continuación se dan las normas principales que se deberá seguir para la instalación de canalizaciones en lugares peligrosos.

- a) Los conductos deben colocarse sobre el enlucido, teniendo cuidado de que sea fácil colocar y cambiar los conductores. Por esta razón debe colocarse primero toda la red de conductos y después se introducen los conductores.
- b) Ninguna tubería por delgada que sea, se sujetará de otra tubería o elementos de otras instalaciones, tales como: tuberías de plomería, ductos de aire, etc.

- c) Siempre que la longitud lo permita, se instalarán tubos enteros de 3 metros.
- d) Deberán instalarse conductos adecuados para alojar los conductores, de tal forma que su instalación no sea difícil. La Tabla XII nos indica el conducto adecuado para cada calibre y número de conductores.
- e) Las canalizaciones eléctricas deberán colocarse en tal forma que no reciban esfuerzos provenientes de la estructura del edificio.
- f) Cuando las canalizaciones crucen caminos, estas deben ir en el interior de un canal hecho de concreto y que estará mínimo a 60 cm. de la superficie del camino.
- g) Se tendrá cuidado de que un mismo conducto no lleve conductores de distintos circuitos, pues entonces, si se daña alguno de éstos, también puede resultar afectados los otros.
- h) Con frecuencia se han de doblar los conductos debido a que los codos disponibles no se adaptan bien al radio exigido, en tal caso se utilizan tenazas especiales para doblar, como lo que se

TABLE III  
 NUMBER MAXIMO DE CONDUCTORES EN TAMAÑOS COMERCIALES DE CONDUCTOS O TUBOS

TAMAÑO AWG Ø MCM	NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES EN CONDUCTOS A TUBOS											
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"
18	7	12	20	35	49	80	115	176				
16	6	10	17	30	41	68	98	150				
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155	208	
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132	173	
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110	145	
8	1	3	4	7	10	17	25	38	62	87	115	152
6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41	64	93
4	1	1	1	3*	5	8	12	18	24	31	49	72
3	1	1	1	3	4	7	10	16	21	28	44	63
2	1	1	1	3	3	6	9	14	19	24	38	55
1	1	1	1	1	3	4	7	10	14	18	29	42
0	1	1	1	1	2	4	6	9	12	16	25	37
00	1	1	1	1	1	3	5	8	11	14	22	32
000	1	1	1	1	1	3	4	7	9	12	19	27
0000	1	1	1	1	1	2	3	6	8	10	16	23
250	1	1	1	1	1	1	3	5	8	8	13	19
300	1	1	1	1	1	1	31	4	5	7	11	16
350	1	1	1	1	1	1	1	3	5	6	10	15
400	1	1	1	1	1	1	1	3	4	6	9	13
500	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	8	11

indica en la figura siguiente:



FIGURA 5.1.- TENAZA PARA DOBLAR CONDUCTOS

Una de las mandíbulas tiene un bisel adaptado al perímetro del conducto, mientras que la otra tiene una concavidad adaptada al diámetro del mismo. En consecuencia se han de usar para cada diámetro unas tenazas especiales. Según el radio que se requiera dar a la curva del conducto, se le hace con las tenazas una serie de muescas más o menos próximas. Si la temperatura es baja, conviene calentar algo al tubo antes de doblarlo para evitar que salte el aislamiento.

- i) Los tubos usados en la fabricación de canalizaciones (o conductos) metálicos rígidos deberán soportar una dobles de cuarto de círculo alrededor de

una polea cuyo radio sea 4 veces el diámetro nominal del tubo, sin sufrir fracturas en ninguna sección y sin rasgar la soldadura.

- j) Para curvas de  $90^\circ$  en diámetro de tuberías de 25 mm. o mayores, deberán utilizarse curvas hechas por los fabricantes de tuberías.
- k) En tendidos de tuberías muy largas se colocaran cajas de registro o de conexión cada 15 metros, debiendo quedar estos en lugares accesibles.
- l) En la instalación de tuberías entre dos registros consecutivos, no se permitirán más de tres curvas de  $90^\circ$  o su equivalente.
- m) Todas las tuberías para alimentaciones a motores o equipos que pudieran tener vibraciones deberán rematarse en las cajas de conexiones con conductos flexibles y sujetarse por medio de conexiones especiales.
- n) Los tubos deberán ser roscados en sus extremos para unirse a otros tubos por medio de juntas roscadas o acoples, o bien para sujetarse a las



cajas de unión o salidas, así como a tableros de control.

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.

- o) Para la instalación de canalizaciones en lugares peligrosos Clase I, se aconseja que una junta roscada tenga por lo menos 5 hilos en contacto y para lugares peligros Clase II, 3 hilos.

En vista de lo anterior cuando ocurre una explosión en el interior de la caja de conexión, 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, por lo que al salir la temperatura de los gases está por debajo del punto de ignición de la atmósfera presente en el área.

Los cambios alternos de temperatura y presión barométrica provocan entrada de aire del ambiente a través del sistema de canalización con lo que la hume-

dad del ambiente penetrará al interior formándose depósitos de condensados en las cajas o líneas de conducto. Esto podría provocar falla del aislamiento de los conductores, cortocircuitos, etc. Para evitar esta condición deberán ser instalados accesorios de inspección que permitan tener acceso a los conductores, dichos accesorios deberán estar equipados con drenes a prueba de explosión. La instalación deberá tener cierta pendiente para que el agua acumulada pueda ser drenada a través de estos accesorios de drenaje.

#### 5.4 INSTALACION DE CAJAS METALICAS.-

Para la instalación de cajas metálicas se debe considerar las siguientes normas:

- a) Las cajas deberán tener tamaño suficiente para que exista espacio para todos los dispositivos y conductores que van dentro de la misma.
- b) El número máximo de conductores permitidos en cajas de empalme y derivación, sin contar los hilos para aparatos de alumbrado, deben ser los indicados en las tablas que se dan a continuación.

TABLA XIII  
CAJAS PROFUNDAS

DIMENSIONES DE LAS CAJAS, PULGADAS COMERCIALES.	NUMERO MAXIMO DE LOS COND.				
	14	12	10	8	6
1 1/2 x 3 1/4 octogonal	5	5	4	0	0
1 1/2 x 4 octogonal	8	7	6	5	0
1 1/2 x 4 cuadrado	11	9	7	5	0
1 1/2 x 4 11/16 cuadrado	16	12	10	8	0
2 1/8 x 4 11/16 cuadrado	20	16	12	10	6
2 x 1 3/4 x 2 3/4	5	4	4		
2 1/2 x 1 3/4 x 2 3/4	6	6	5		
3 x 1 3/4 x 2 3/4	7	7	6		

TABLA XIV  
CAJAS NORMALES

DIMENSIONES DE LA CAJA, PULGADAS COMERCIALES.	NUMERO MAXIMO DE LOS COND.		
	14	12	10
3 1/4	4	4	3
4	6	6	4
2 1/4 x 4 cuadrado	9	7	6
4 11/16	8	6	6

c. Los conductores que entran o salen en cajas de-

ben estar protegidos contra el roce.

d) No se debe aplicar pintura o un material sellante sobre las superficies de contacto de las juntas. Puede aplicarse una grasa apropiada como el petrolato, aceite mineral, un compuesto lubricante que no se seque, la grasa debe ser del tipo que no se endure con el tiempo, que no tenga un solvente evaporante, y que no cause corrosión a las superficies de acople.

e) Las tapas de estas cajas, son firmemente cerradas con medios efectivos que evitan el escape de chispas o materiales en combustión.

### 3.5 INSTALACION DE TABLEROS DE DISTRIBUCION.-

Los tableros de distribución y controles industriales son una categoría amplia cuya cobertura y reglas de instalación a considerarse son:

a) Los paneles y ensambles de control incluyen tanto las cajas y los componentes instalados dentro de ellas tales como contactores, botoneras, luces piloto, etc.

- b) Ya sea una caja o un grupo interconectado de cajas puede usarse para instalar los componentes.
- c) Los componentes son provistos con las cajas, ensamblados de fábrica o para ensamblar en el sitio, y debe usarse los sellos en las tuberías.
- d) Cordones flexibles deberá usarse donde sea absolutamente necesario como una alternativa a un sistema de tubería rígida. Cordones, enchufes y tomacorrientes deben protegerse de la humedad, suciedad y materiales extraños.
- e) Los paneles listados para áreas peligrosas Clase I y Clase II son para alumbrado y distribución de fuerza de baja capacidad.
- f) Paneles de gran capacidad (1200 Amp.) y centros de distribución deben instalarse en lo posible fuera del área peligrosa. Los requerimientos y detalles de cajas y compartimientos son generalmente los mismos descritos en las reglas generales.
- g) En instalaciones expuestas, pero en áreas peli-



grosas, los controles generales se instalan generalmente en cajas de metal fundido seleccionadas para una máxima protección contra la corrosión y el tiempo.

- f) No deberán instalarse más de 42 dispositivos contra sobrecarga en un solo gabinete. Se considerará un interruptor de circuito de dos polos como dos dispositivos de sobrecarga; un interruptor de tres polos se considerará como tres dispositivos de sobrecarga.

### 3.6 INSTALACION DE SELLOS.-

Es importante la instalación de sellos para dar mayor seguridad a las instalaciones, se da entonces a continuación las normas para su instalación a lo cual se acompaña con detalles gráficos para una mayor comprensión.

- a) Debe ser instalado propiamente, siguiendo cuidadosamente las instrucciones suministradas por el fabricante. La mezcla sellante no desarrollará la dureza necesaria sino se prepara correctamente.

- b) Para restringir la mezcla a la porción correcta del sello, debe instalarse una barrera de asbesto-fibra antes de vaciar la mezcla sellante.
- c) Los conductores deben quedar separados entre sí y de las paredes del sello, de esta manera la mezcla sellante rodeara a cada conductor.
- d) Si el sello tiene una abertura separada para instalar la fibra, este debe cerrarse antes de cerrar la mezcla sellante.
- e) El compuesto sellante se mezcla con el agua en las cantidades apropiadas según las instrucciones del fabricante.
- f) El uso de artefactos sellados de fábrica elimina la instalación del sello.
- g) Se debe instalar el sello en el lado apropiado del límite o pared, según lo recomiende el fabricante.
- h) El sello debe usarse propiamente con respecto a su posición de montaje. Esto es particularmente

crítico cuando la tubería pasa por un área peligrosa a otra no peligrosa.

Para tener una visión más clara de lo que se quiere explicar; a continuación se dan detalles gráficos de la instalación de sellos en las áreas Clase I y Clase II. Para áreas Clase III no se requiere de sellos.

i) AREAS CLASE I.-

Áreas división 1 y áreas división 2 que requieren cajas o accesorios a prueba de explosión:

- Cuando las cajas y accesorios a prueba de explosión contienen interruptores, disyuntores, fusibles, relés, resistencias, u otros aparatos que producen arcos, chispas o altas temperaturas; se debe instalar sellos en todas las tuberías, tan cerca como sea posible y a no más de 18" de la caja o accesorio.

No se permite cajas de derivación, empalmes o similares; entre la caja y el sello, Fig. 5.2.

- Cuando una caja o accesorio contiene solamente

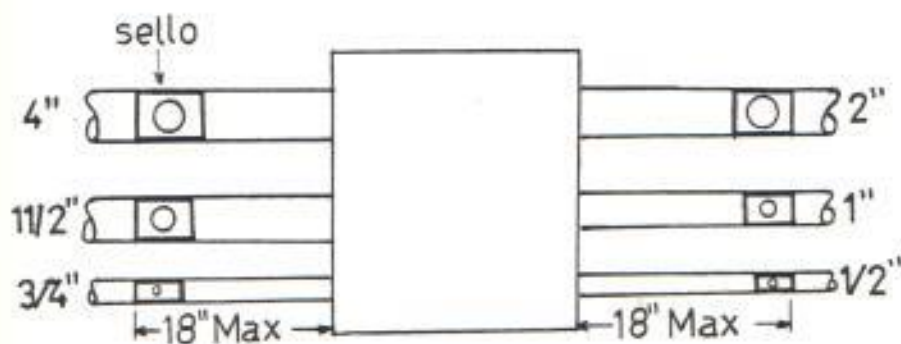


FIGURA 5.2.- SELLOS CUÁNDO LAS CAJAS CONTIENEN DISPOSITIVOS.

empalmes, terminales o tomas, se debe instalar sellos en toda tubería de 2" de diámetro y superiores, a una distancia entre y no superior a las 18" de la caja o accesorio, Fig. 5.3.

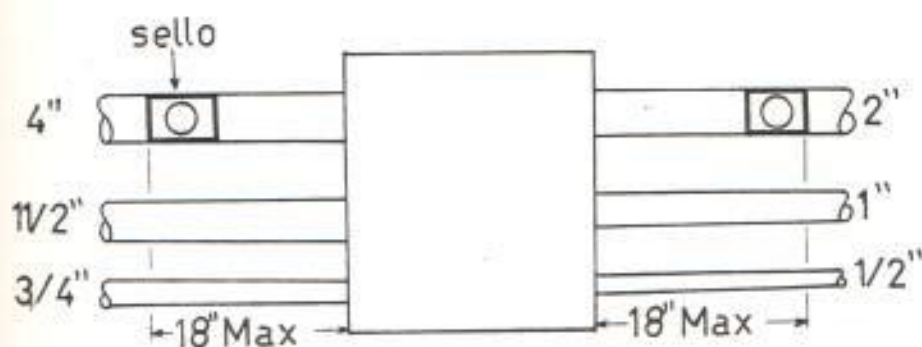


FIGURA 5.3.- SELLOS CUÁNDO LAS CAJAS CONTIENEN EMPALMES.

- Un solo sello es suficiente entre dos cajas o compartimientos que requieren sello cuando la tubería de conexión o neplo no es superior a las 36", Fig. 5.4.

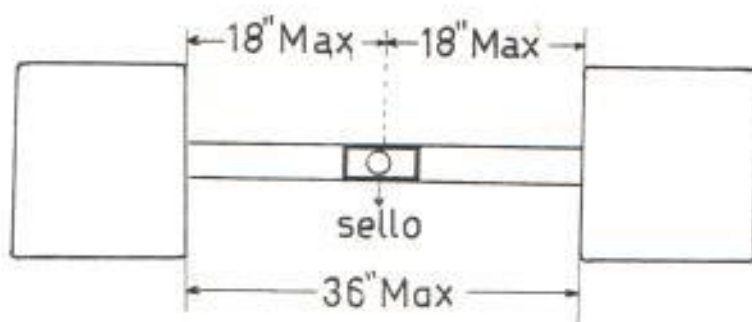


FIGURA 5.4.- SELLO ENTRE DOS CAJAS (DISTANCIA MENOR A 36").

- Cuando la tubería de conexión entre dos cajas o compartimientos que requieren sello es superior a las 36", se debe instalar un sello dentro de las 18" de distancia a cada caja, Fig.5.5.

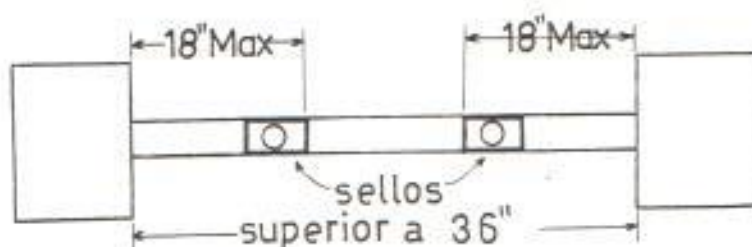


FIGURA 5.5.- SELLOS ENTRE DOS CAJAS (DISTANCIA MAYOR A 36").



A pesar que generalmente no se utiliza el seccionalizamiento de las tuberías, se recomienda este procedimiento en tuberías de gran recorrido instalando sellos a intervalos relativamente cortos.

Areas de división 2 donde no se requiere cajas y accesorios a prueba de explosión:

En este caso no se requiere sellos en las tuberías de cualquier dimensión instaladas a estas cajas y accesorios. Figura 5.6.

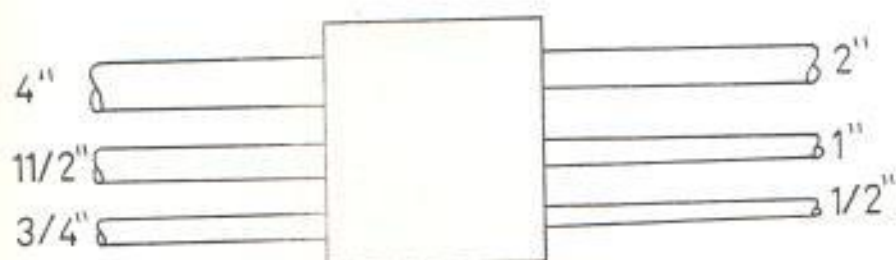


FIGURA 5.6.- NO SE REQUIEREN SELLOS

Sellos requeridos en toda tubería que sale de una área peligrosa.

- Se debe instalar un sello en toda tubería que sale de una área Clase I, División 1 o División 2. El sello puede instalarse en cualquier lado del límite, Fig. 5.7.

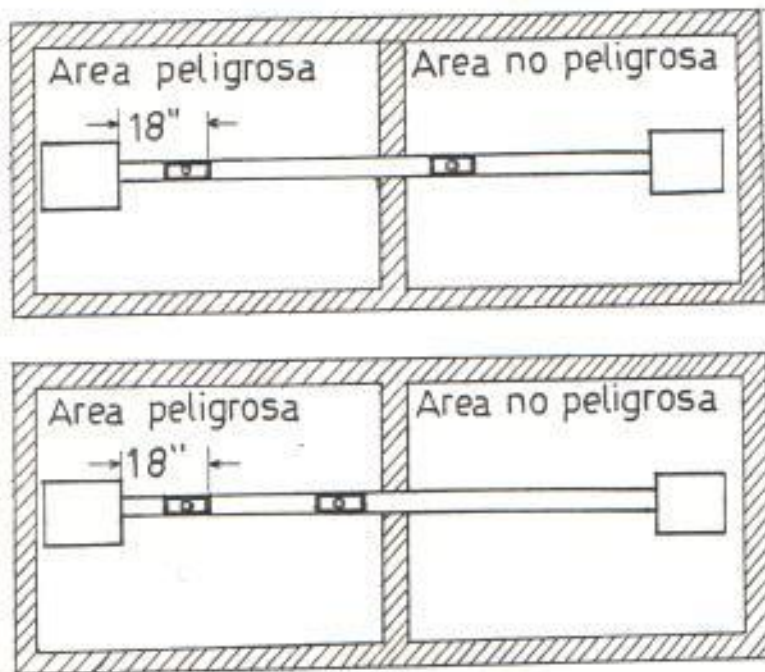


FIGURA 5.7.- SELLOS CUANDO LA TUBERÍA ES CONTINUA SALE DE UNA ÁREA PELIGROSA.

No debe haber unión, acople, caja o algún accesorio entre el sello y el punto donde la tubería sale del área peligrosa. El NEC no especifica distancia alguna entre el sello y el límite.

- Si la tubería es continua (sin unión, acople,

etc.), entre una caja que requiere sello y el sitio donde la tuberfa sale del área peligrosa, no se necesita un sello adicional en el límite.

Por ejemplo en el siguiente gráfico se muestra como en los puntos A y B no se requiere la instalación de sellos, mientras que en los puntos C o D es necesario, Fig. 5.8.

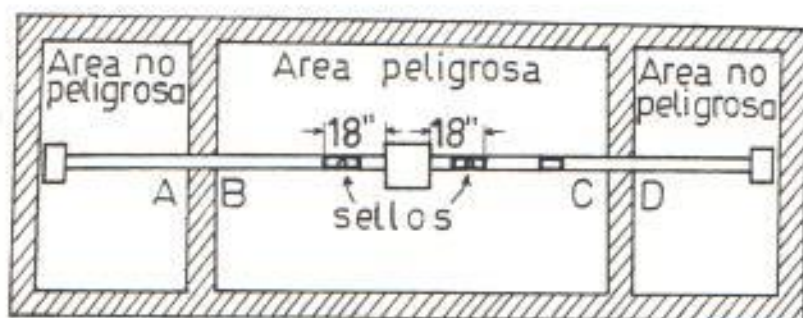


FIGURA 5.8.- SELLOS CUANDO LA TUBERIA NO ES CONTINUA Y SALE DE UNA AREA PELIGROSA.

- Cuando una tuberfa rígida metálica continúa pasa a través de una área peligrosa desde un área no peligrosa a otra no peligrosa, y sin accesorios entre las 12" de cada límite no se requiere sellos, Fig. 5.9.

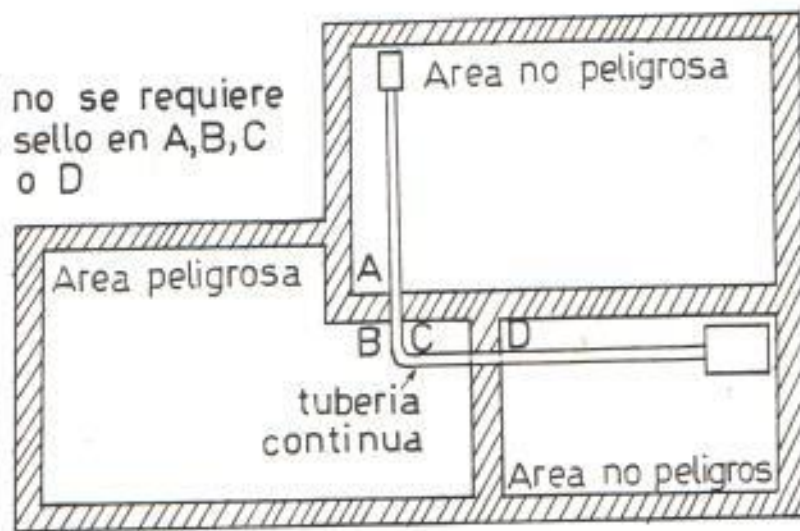


FIGURA 5.9.- NO SE REQUIEREN SELLOS

j) AREA CLASE II.-

Areas división 1 y división 2:

- Generalmente, en áreas Clase II, no se requiere instalación de sellos. Cuando una tubería conecta una caja o compartimiento a prueba de polvo e ignición con otra que no lo es, se debe prevenir los medios para prevenir la entrada de polvo en la caja o compartimiento a prueba de polvo e ignición, a través de la tubería. Una forma aceptable de cumplir con este requerimiento es la instalación de un sello en la tubería, Fig. 5.10.

Si la tubería tiene un recorrido horizontal de por lo menos 10 pies de longitud, o si su reco



FIGURA 5.10.- SELLO ENTRE DOS CAJAS DE USO GENERAL

rrido es vertical, desde la caja o compartimien-  
to a prueba de polvo e ignición hacia abajo y  
por lo menos de 5 pies de longitud, no es nece-  
sario sello alguno.

#### 5.7 INSTALACION DE MOTORES Y GENERADORES.-

Para realizar la instalación de motores y generadores se debe considerar las normas que se dan a continuación:

a) En forma general los motores y generadores deben colocarse en forma tal que tengan una ventilación adecuada y las operaciones de mantenimiento tales como limpieza y lubricación, puedan realizarse fácilmente.

b) Es importante tener información completa de las



condiciones del local donde va a funcionar el equipo eléctrico, tales como: elementos o material que se encontrará presente en la atmósfera y en que grado, con lo cual se define el tipo del local, temperatura máxima, grado de humedad, cimentación, posibilidad de vibración, sistema de acoplamiento a la larga, dispositivos de control y mando, etc.

De estas condiciones las que más nos interesa son las relativas a la clasificación del local y la clasificación de la atmósfera. Encontradas estas condiciones convendrá seleccionar el equipo que ofrezca las mayores ventajas económicas, instalando ya sea un equipo a presión o a prueba de explosión.

La clasificación de las áreas de acuerdo a las características de las mezclas atmosféricas se dieron anteriormente en el Capítulo I, de este trabajo.

- c) Los fundamentos para las máquinas grandes con sus canalizaciones para cables y conductos de ventilación deben realizarse de acuerdo a los planos de construcción. La cementación a de ser fir-

Inv. No. \_\_\_\_\_

me, sólida y nivelada, asegurando que no se produzca ningún movimiento durante el funcionamiento. Los mejores materiales para cimentación son el hormigón y la piedra, pero como el primero de ellos es más fácil de modelar y permite el empotramiento de los pernos de sujeción, es casi el único empleado universalmente.

- d) Si la máquina es pequeña, menos de 50 HP, las condiciones son razonablemente buenas, existe la posibilidad de ahorrarse la cimentación utilizando especialmente un buen pavimento en los que se empotran los pernos de fijación practicando agujeros sobre el mismo.
- e) La vibración de la máquina se amortigua (así como el ruido) utilizando por ejemplo amortiguadores de muelles de acero (Figura 5.11), o algún otro tipo conocido de amortiguamiento.
- f) En general para evitar sobrecalentamientos por acumulación de polvos, en los lugares peligrosos Clase II, donde el polvo u otros materiales volátiles son captados por las máquinas perturbando la ventilación o refrigeración de los mismos, se emplearán tipos de motores y generadores cerra

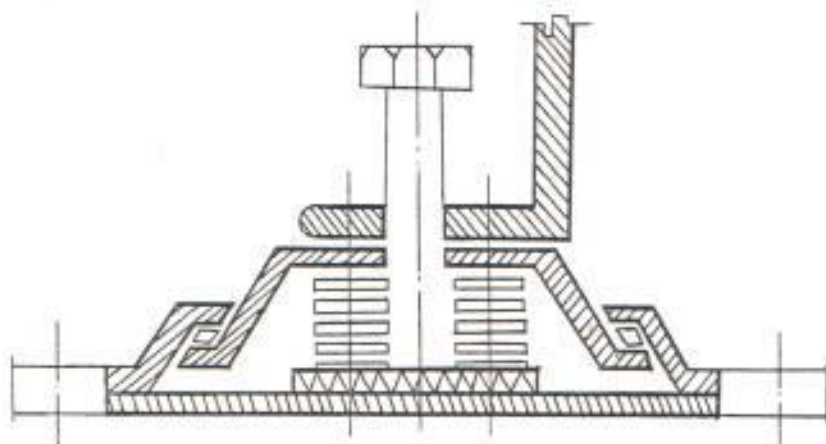


FIGURA 5.11. FORMA DE AMORTIGUAMEINTO PARA LA ELIMINACION DE VIBRACIONES.

dos que no se sobrecalienten en las condiciones reinantes. En condiciones especialmente severas se puede exigir el uso de motores y generadores cerrados, ventilados mediante tuberías o tabiques que separen la sala cerrándola herméticamente al polvo, debiendo ser ventilada en forma adecuada desde una fuente de aire limpio.

- g) Los motores de combustión interna o grupos termoeléctricos no deberán ser instalados en los lugares peligrosos.

#### 5.8 INSTALACION DE TRANSFORMADORES.-

En la instalación de transformadores para dar una mayor seguridad se debe considerar las siguientes normas:

- a) En general los transformadores deberán estar ubicados dentro de celdas de tal modo que sean accesibles solo al personal que realizará inspección o mantenimiento y no permitirán la entrada de gases explosivos, o polvos volátiles.
- b) Las celdas deberán situarse donde puedan ser ventiladas al aire exterior sin emplear conductos; en el caso de no existir esta posibilidad se utilizaran conductos dotados de buena ventilación que permitan la extracción de gases o vapores peligrosos. Figura 5.12.

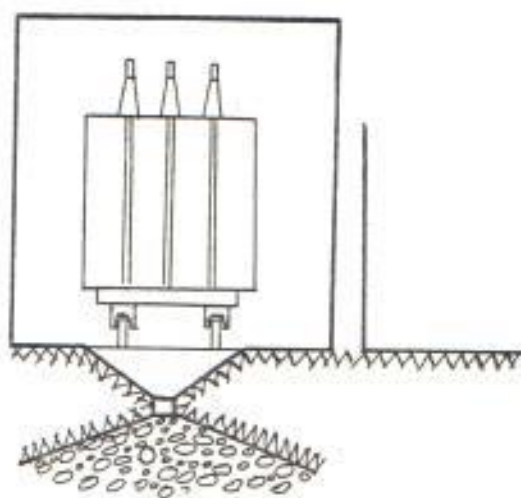


FIGURA 5.12. CELDA PARA TRANSFORMADORES

- c) Las paredes y techos de las celdas o cámaras, estarán construidas de hormigón reforzado, ladrillo,



bloque de hormigón u otros materiales resistentes al fuego, que tengan una resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo. Se recomienda que los materiales de las paredes tengan una resistencia mínima al fuego de 2 1/2 horas, los pisos deberán ser de hormigón, con un espesor no menor de 0.10 metros.

- d) La ventilación deberá ser adecuada para evitar temperaturas excesivas dentro de las celdas, y además deberá extraer continuamente los gases o vapores inflamables.
- e) En el caso de que sea necesario utilizar conductos de ventilación, éstos se construirán con material resistente al fuego. Las aberturas de ventilación estarán cubiertas de rejillas para evitar condiciones de inseguridad.
- f) En las celdas que contengan transformadores de capacidad superior a 100KVA, se construirá un drenaje que pueda sacar cualquier acumulación de aceite o agua que pueda recogerse en la celda. El suelo deberá tener una inclinación hacia la abertura del drenaje. Los transformadores deberán tener las protecciones eléctricas adecuadas contra sobrecarga y cortocircuito.



- g) Las celdas de los transformadores no tendrán ninguna puerta que comunique a la celda con una área peligrosa Clase I.
- h) En áreas Clase II y III se permiten la comunicación entre las celdas de los transformadores y las áreas peligrosas, siempre que las puertas sean a prueba de incendio con cierre automático.

#### 5.9 INSTALACION DE INTERRUPTORES, CONMUTADORES, RESISTENCIAS Y FUSIBLES.-

Para la instalación de interruptores, conmutadores, resistencias y fusibles se dan las siguientes normas:

- a) Los interruptores, conmutadores, resistencias, fusibles, etc., incluyendo botones pulsadores relés y dispositivos análogos estarán provistos de cubiertas metálicas y la cubierta metálica en cada caso, junto con el aparato que contiene, deberá ser a prueba de explosión si se instala lugares Clase I, División 1.
- b) En locales Clase I, División 2, los interruptores estarán provistos de cubiertas metálicas aproba-

das para lugares de la Clase I, pero pueden instalarse en cubiertas para uso general si la interrupción de la corriente se produce en el interior de una cámara herméticamente cerrada a la entrada de gases y vapores.

c) Para los locales Clase I, División 2 pueden emplearse fusibles standar de los tipos enchufables o de cartucho, siempre y cuando se instalen dentro de cubiertas aprobadas para la finalidad y el lugar; o pueden emplearse fusibles de un tipo en que el elemento actuante este sumergido en aceite y otro líquido aprobado, o esté encerrado en una cámara herméticamente cerrada a la entrada de gases o vapores, siempre y cuando estén aprobados para la finalidad correspondiente, y situados en el interior de cubiertas para uso general.

d) Para locales Clase II, División 1 y Clase II, División 2, estos dispositivos estarán provistos de cubiertas a prueba de la ignición de polvo, y junto con los dispositivos cerrados deberán ser aprobados como un conjunto completo para locales de la Clase II.

- e) Para locales Clase II, División 1 y 2, estos dispositivos estarán dotados de cubiertas metálicas herméticas diseñadas para reducir al mínimo la entrada de fibras y cuerpos volátiles; estarán equipados con tapas de ajuste que eviten la salida de chispas o material incandescente, tales que inflamen la atmósfera que los rodea.

#### 5.10 INSTALACION DEL SISTEMA DE ALUMBRADO.-

El sistema de alumbrado por la temperatura que alcanzan las lámparas, se debe tener cuidado en su instalación por lo que a continuación se dan las normas a seguir para su instalación.

- a) El alumbrado en lugares peligrosos se localiza principalmente en donde se necesita, es decir deberá ser funcional, sin importar la simetría de la instalación.
- b) Todo tipo de alumbrado se protegera contra daños mecánicos mediante una protección o ubicación convenientes. Cuando exista peligro de que las chispas o metal caliente que pueda caer de las lámparas o de los aparatos de alumbrado puedan inflamar el ambiente que rodea, se colocarán cubiertas

u otros medios protectores eficaces.

- c) En todas las áreas peligrosas (Clase I, Clase II, Clase III) las luminarias del tipo colgante deben ser instalados con soportes colgantes flexibles aprobados para cada área, o serán barras con rosca que harán las veces de conducto metálico rígido a través del cual se introducirán los conductores de la lámpara. En ambos casos la longitud del soporte no debe ser superior a 30cm. Para soportes superiores a 30cm. se debe asegurar contra el desplazamiento con medios efectivos instalados a un nivel no superior a los 30cm., medidos desde la parte superior de la luminaria. En las Figuras 5.13. a, b, c, se esquematiza lo dicho anteriormente.

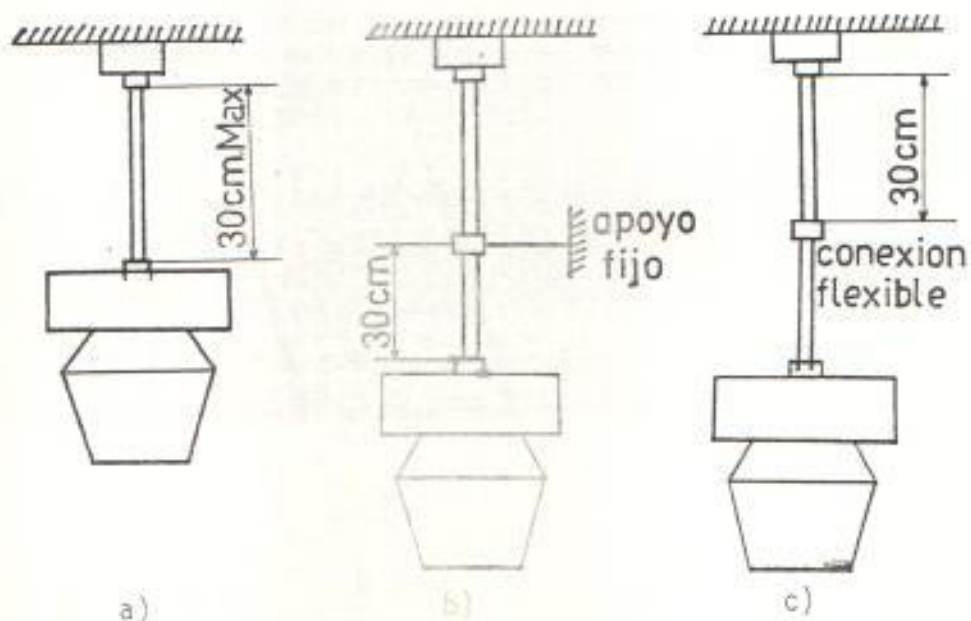
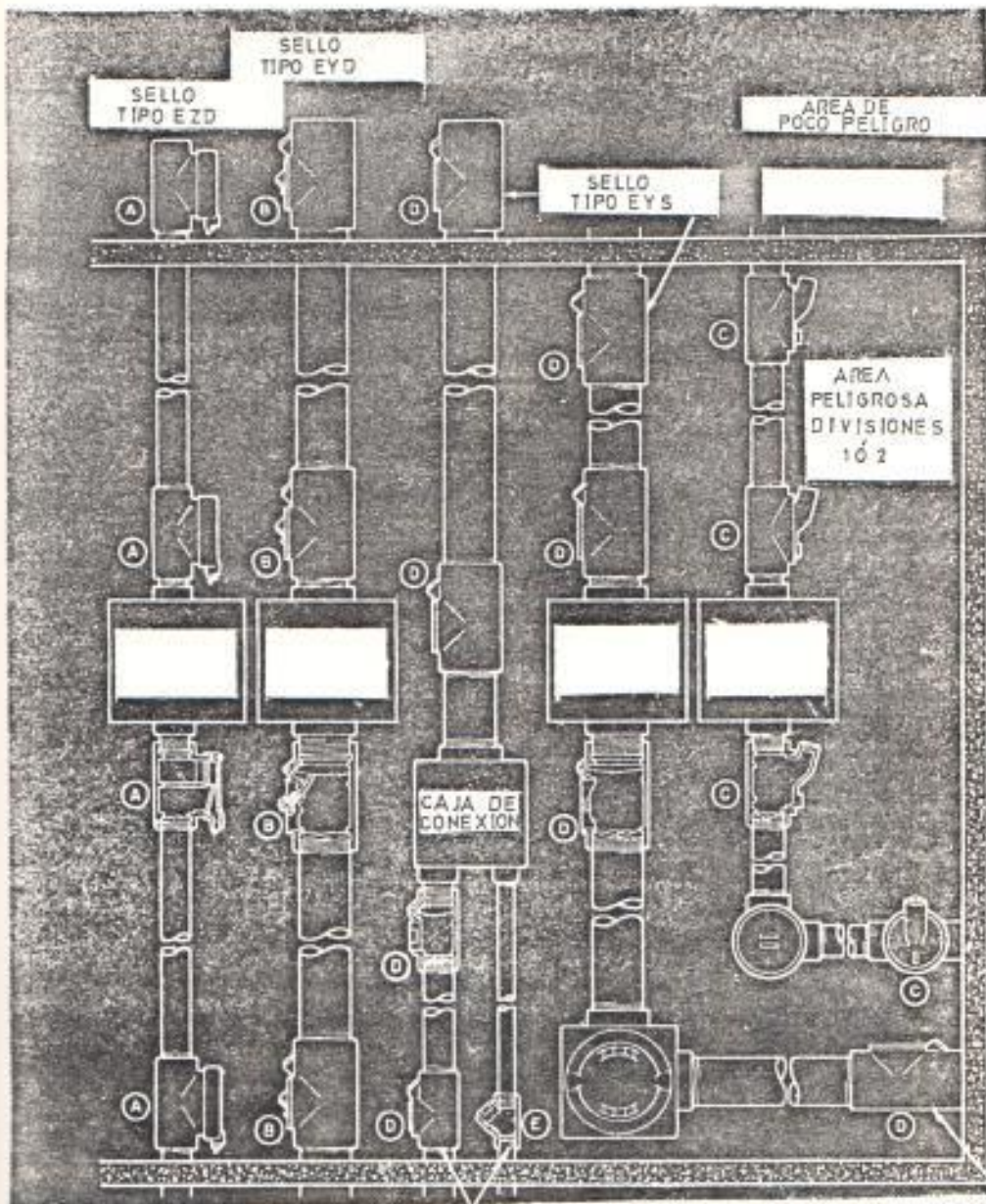


FIGURA 5.13.- Instalación de luminarias tipo colgante



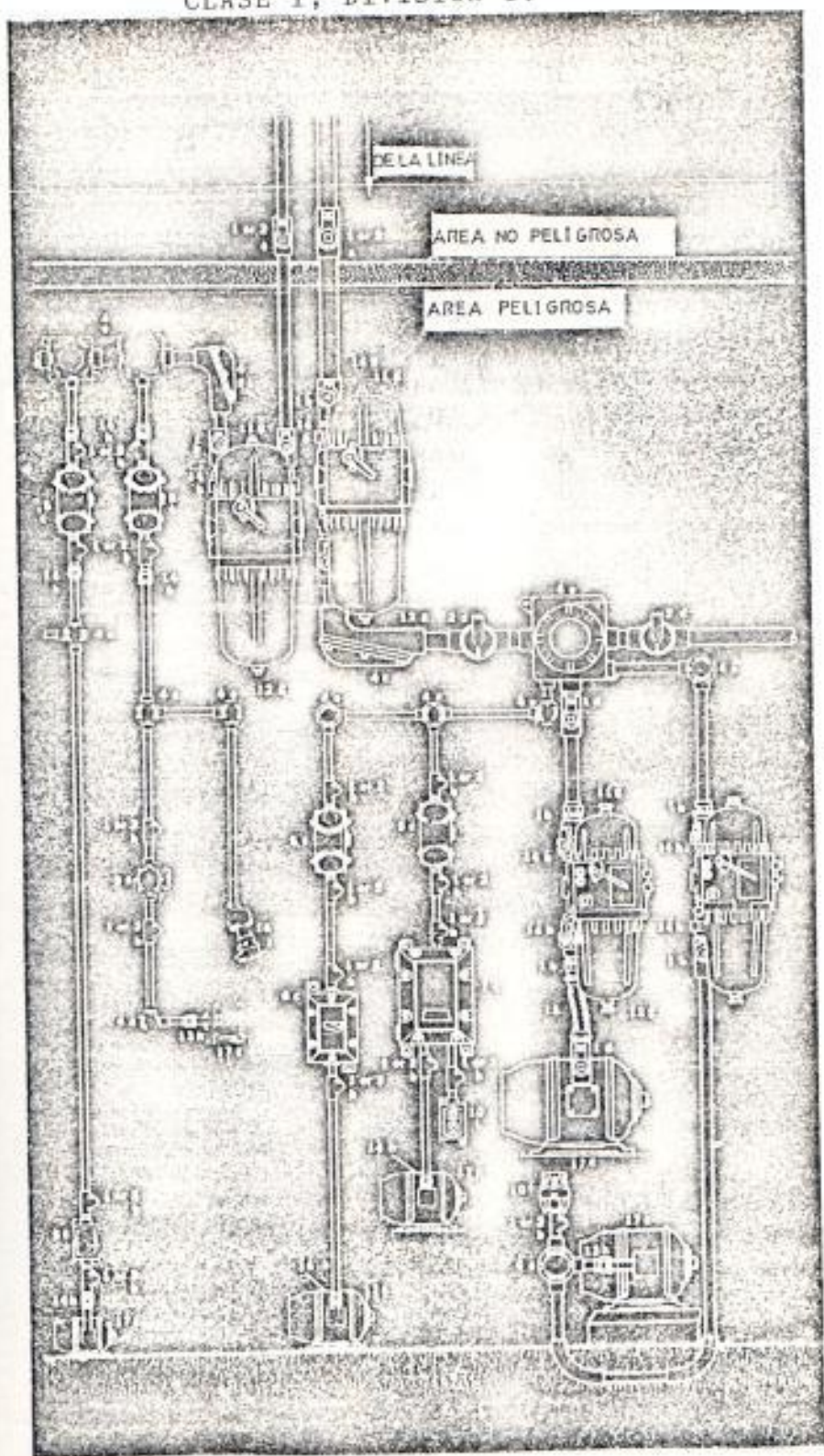
## 5.11. DIAGRAMAS TIPOS DE INSTALACIONES EN ALGUNAS AREAS

## 5.11.1 Diagrama de sellos y ajustes

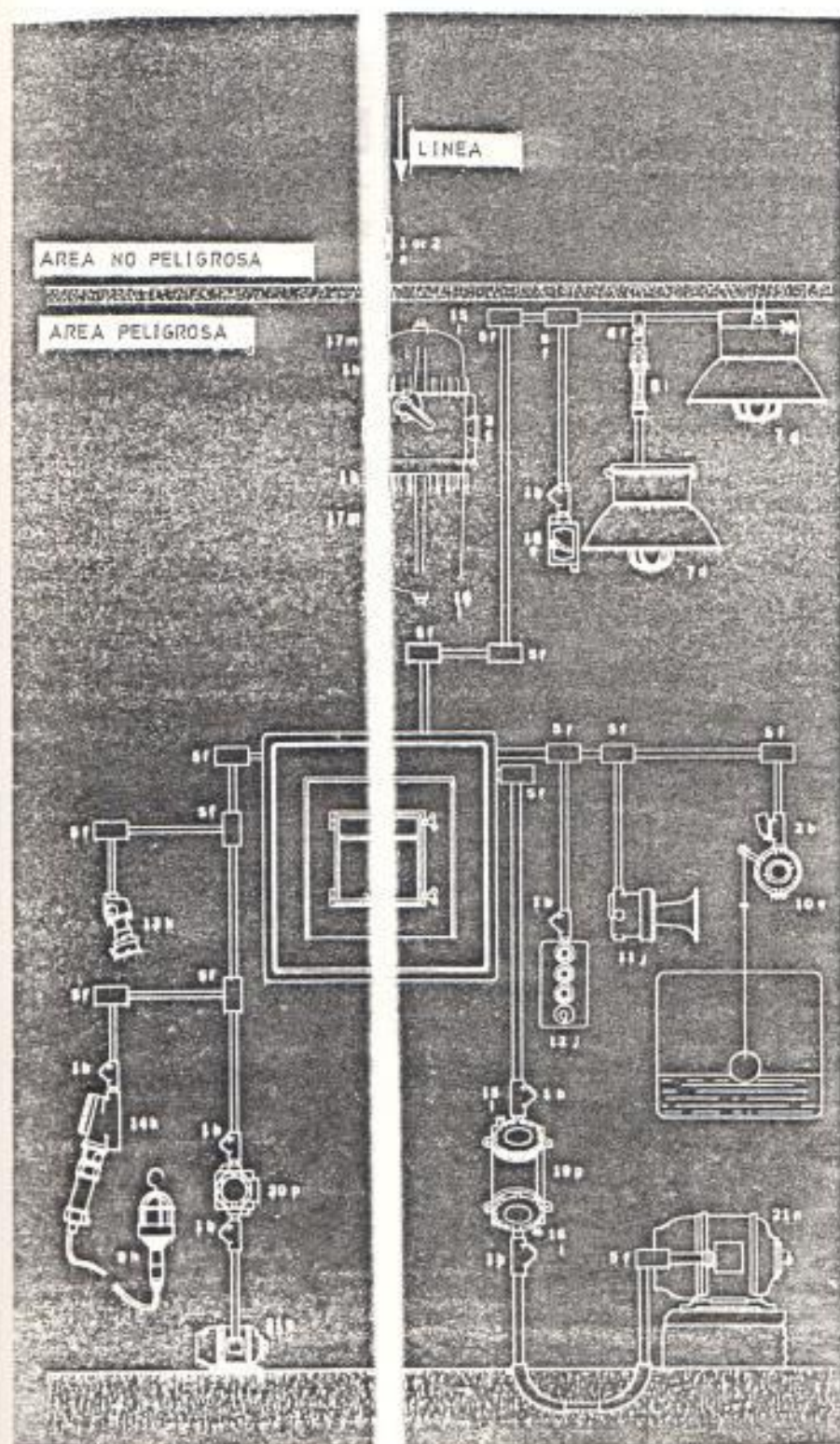




5.11.2 DIAGRAMA DE INSTALACIONES DE FUERZA EN CLASE I, DIVISION 1.

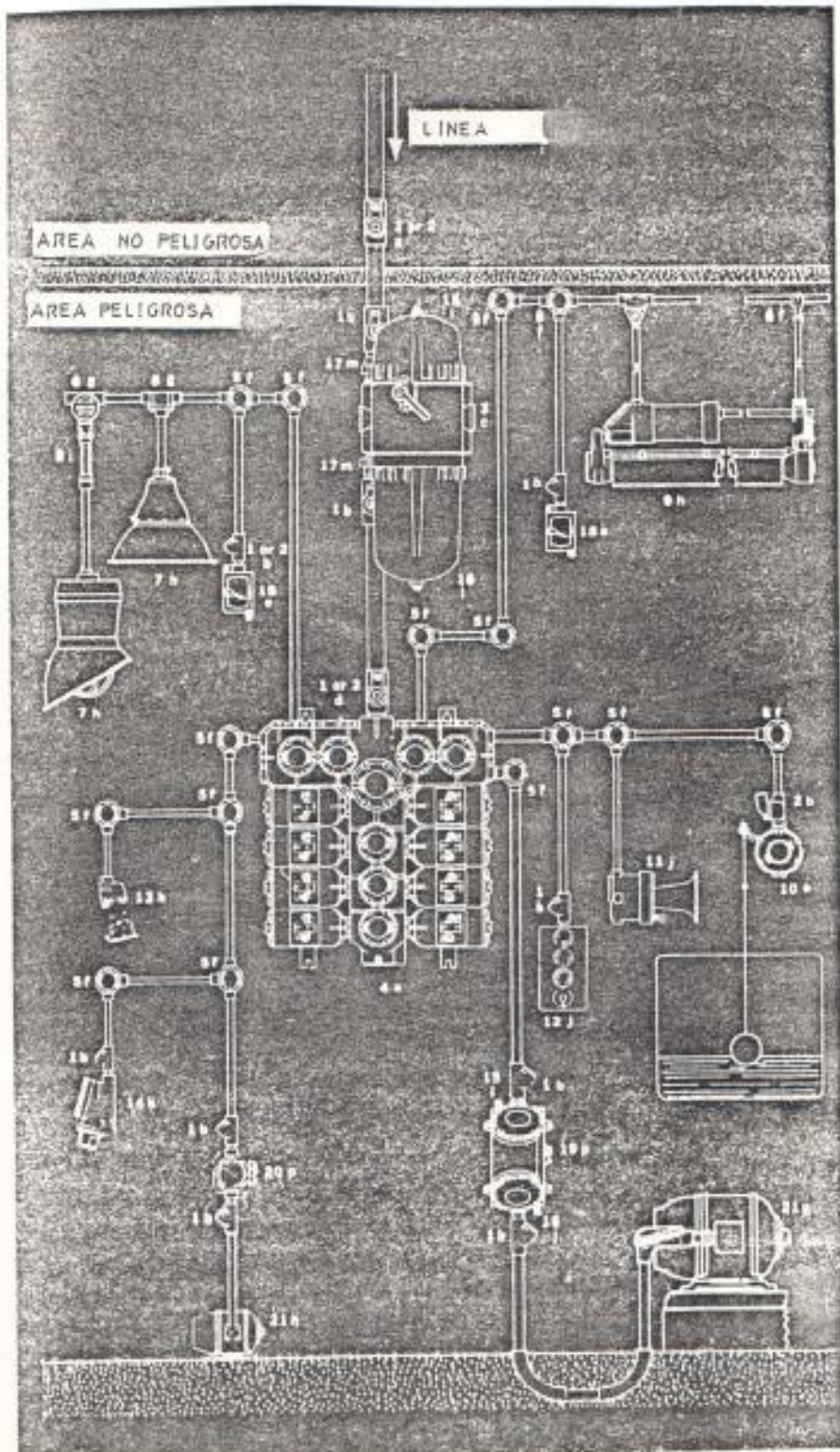


5.11.3 DIAGRAMA D INSTALACIONES DE ALUMBRADO EN CLASE I, D VISION 1.



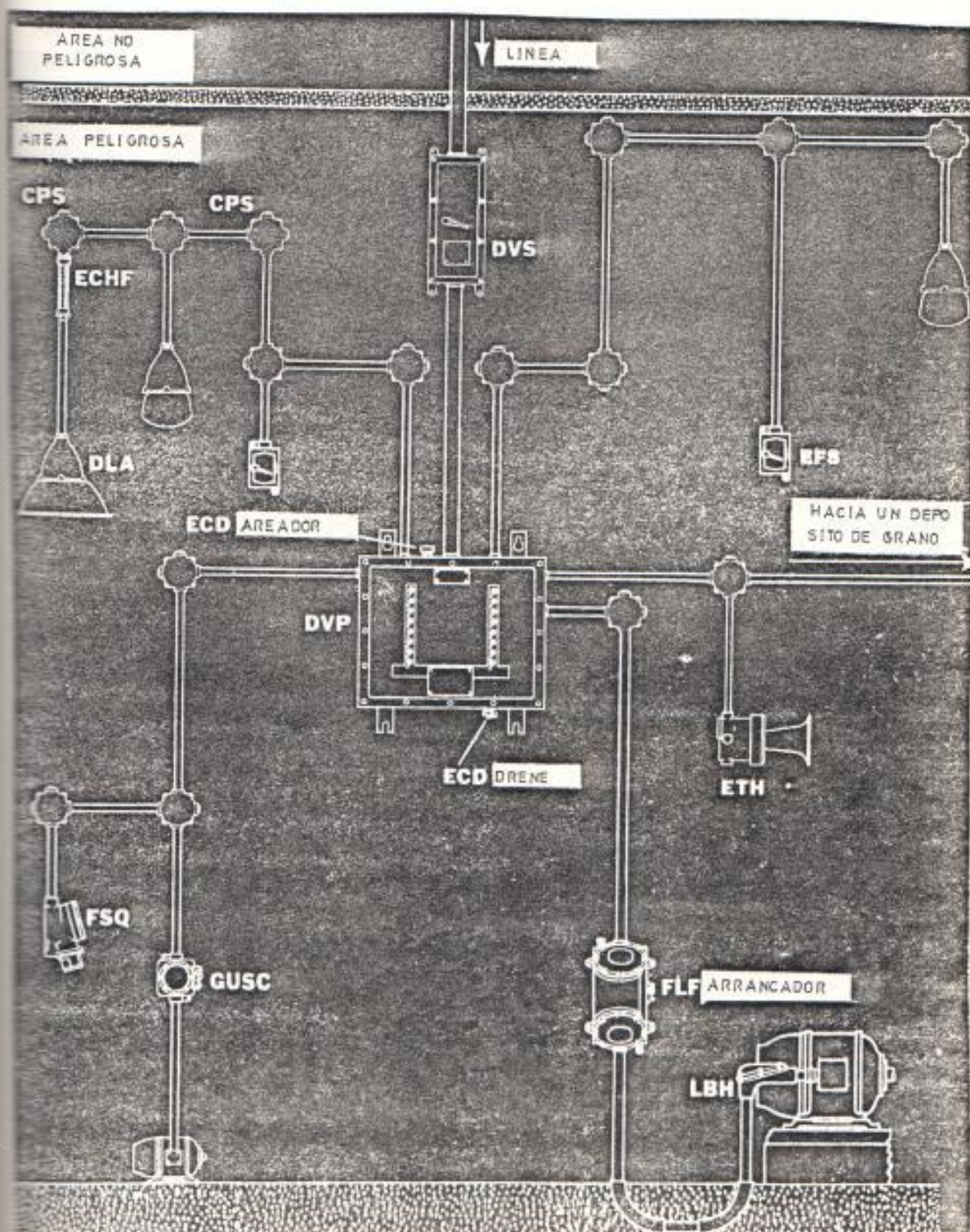


5.11.4 DIAGRAMA DE INSTALACIONES DE FUERZA Y ALUMBRADO EN CLASE I, DIVISION 2.



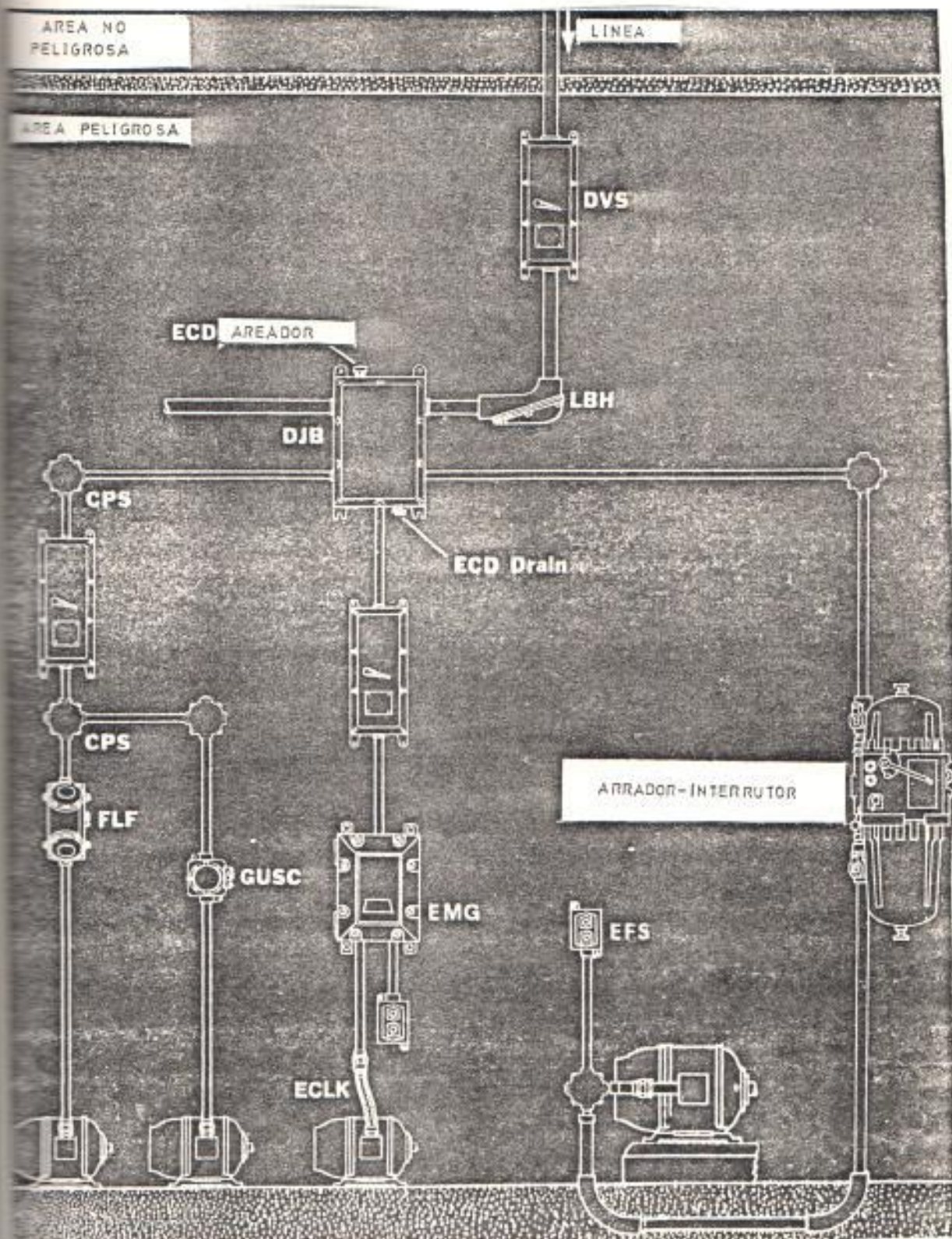


## 11.5 DIAGRAMA DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO EN CLASE II





## 11.6 DIAGRAMA DE INSTALACIONES DE FUERZA EN CLASE II





## CAPITULO VI

### UBICACIONES ESPECIFICAS

#### 6.1 GENERALIDADES.-

Las disposiciones que se darán en este capítulo se aplicaran a ubicaciones o partes de ubicación que son o pueden ser peligrosas a causa de concentraciones atmosféricas de gases o vapores peligrosos, o a causa de depósitos o acumulaciones de materiales que puedan ser fácilmente inflamables.

Los criterios generales que se darán posteriormente en este trabajo se aplicarán a la instalación de equipo y cableado eléctrico en las ubicaciones consideradas.

Se pretende dar una guía para la clasificación de las áreas con respecto a las condiciones peligrosas que puedan o no exigir la construcción, y el equipo que cumplan con los requerimientos de cada área clasificada dado en capítulos anteriores, para así establecer dichos requisitos especiales como aplica-

a la ubicación específica.

## 5.2 POSTES DE GASOLINA Y ESTACIONES DE SERVICIO.-

Esta clasificación comprenderá lugares donde se efectúa transferencia de gasolina u otros líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables, ya sea a tanques de combustible fijos o tanque de combustible de automotores.

La clasificación de las áreas peligrosas así como sus extensiones para este tipo de ubicaciones se dan a continuación:

El área comprendida dentro de los 0.5 mts., en todas las direcciones alrededor de la bomba surtidora será considerada como local Clase I, División 1, y en el sentido vertical se extenderá una altura de 1.20 mts. del nivel del suelo que comprenderá además cualquier instalación bajo el nivel del suelo.

Cualquier área exterior (excluyendo la Clase I, División 1, pero que incluya edificios no aislados adecuadamente) dentro de los 5mts. medidos horizontalmente desde la bomba surtidora y hasta una altura de 0.5 mts., sobre el nivel del suelo se conside

ará Lugar Clase I, División 2.

En un local exterior, cualquier área (excluyendo la de Clase I, División 1, pero incluyendo los edificios que no estén adecuadamente aislados) dentro de 2.5 mts., medidos horizontalmente de cualquier parte con tubería de relleno, se considerarán locales Clase I, División 2, y se extenderán hacia arriba a un nivel de 0.5 mts., sobre el nivel del suelo.

La instalación eléctrica y el equipo eléctrico que se encuentran localizados bajo la superficie de áreas clasificadas como Clase I, División 1, o División 2, se considerarán como ubicados dentro de locales Clase I, División 1, como se indica en la Figura 6.1.

Realizado la clasificación de las distintas áreas y determinadas las extensiones de las mismas, se procederá a realizar las instalaciones del cableado y aparatos eléctricos; para lo cual se aplicará los criterios dados tanto para los equipos y materiales en lugares peligrosos (Capítulo IV), así como los criterios dados para realizar las instalaciones eléctricas en lugares peligrosos (Capítulo V).

Además, se debe para este tipo de ubicaciones con  
derar lo siguiente:

Se debe instalar desconectadores de circuitos. Cada circuito que alimente o pase por una bomba surti  
dora, deberá estar provisto con un interruptor u otro medio aplicable para desconectar simultáneamente  
de la fuente de alimentación, todos los con  
ductores del circuito, incluyendo el neutro si existe.

Deberá proveerse un sello aprobado en cada tendido de conducto que entre o abandone una bomba surtido  
ra u otra cubierta localizada en Local Clase I, División 1 ó División 2, cuando el conducto de con  
ección se origine en un lugar no peligroso. No existirá unión, acoplamiento, caja o accesorio en el conducto, entre el aditamento sellador y el punto en el cual emerja el conducto a la bomba u otro equipo, o dentro de cualesquiera cavidades o cu  
biertas en comunicación directa con el.

Las partes metálicas de las bombas de suministro, los conductos metálicos y todas las partes del equi  
po eléctrico que no transportan corriente, independientemente de la tensión, se conectarán a tierra según se dispone en el capítulo correspondiente a



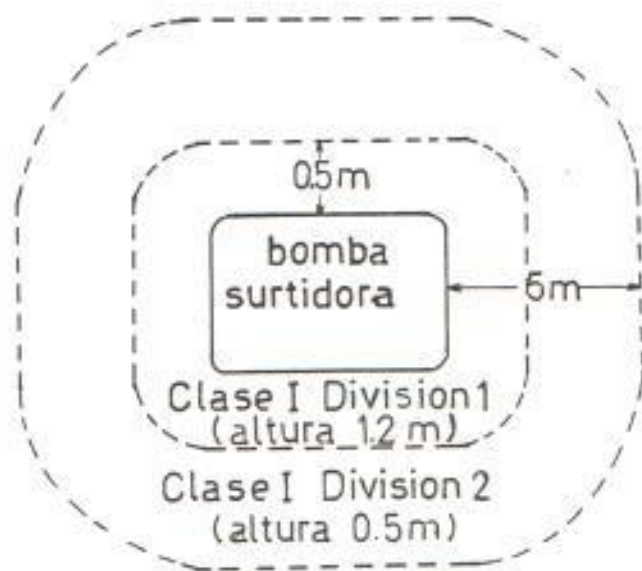
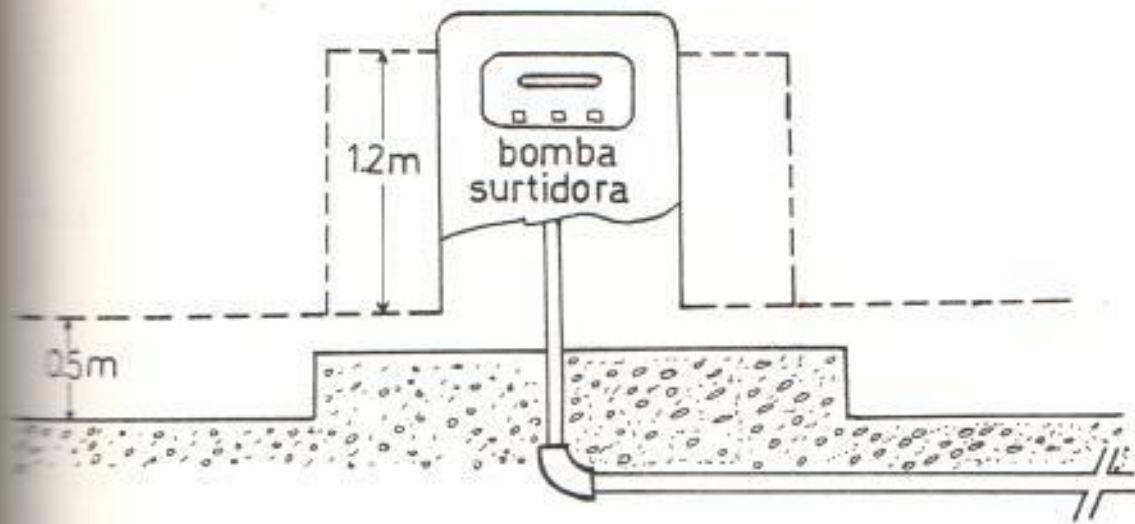


FIGURA 6.1 ESTACION DE SERVICIO



la puesta a tierra de este trabajo (Ver Capítulo III).

### 6.3 PLANTAS DE ALMACENAMIENTO.-

Esta clasificación comprenderá lugares donde se almacene gasolina u otros líquidos volátiles inflamables en tanques que tengan una capacidad total, igual o mayor a la de un vehículo de carga, y de cuyos tanques se distribuya el combustible.

Serán considerados locales Clase I, División 1, las áreas interiores inadecuadamente ventiladas que contengan bombas o accesorios de extracción de líquidos volátiles inflamables y las cuales contengan válvulas o tuberías por las cuales circulen tales líquidos. Estas áreas si tienen ventilación adecuada serán consideradas como Locales Clase I, División 2.

Áreas interiores en las cuales se realice transferencia de líquidos volátiles inflamables a recipientes individuales deberán ser considerados como Locales Clase I, División 1.

Áreas exteriores adyacentes a rampas o plataformas

de carga o descarga de líquidos volátiles inflamables o adyacentes a tanques exteriores deberán ser considerados como locales Clase I, División 2. Tales áreas se extenderán hasta una longitud de 7.5 mts., medidos horizontalmente desde las rampas, plataformas o tanques y hasta una altura de 4.5 mts. sobre el nivel de las mismas.

Locales en donde se encuentren tanques de almacenamiento de combustibles y garages de vehículos que transporten combustibles deberán ser considerados locales Clase I, División 2 sin límite con respecto a la altura sobre el nivel del suelo.

Edificios para oficinas u otros locales similares que se encuentren fuera de los límites de áreas peligrosas que se han definido, y los cuales no sean usados para manejar o almacenar líquidos volátiles inflamables no deberán ser considerados locales peligrosos.

La electricidad estática que se acumula en un camión tanque (tanquero) debido al movimiento de los líquidos que transporta es un gran peligro y puede ser causante de explosiones cuando el vehículo está descargando combustible. Para evitar explosión debido

a esta causa se deberá conectar la parte metálica del vehículo a tierra a una distancia mayor de la que abarca la zona de peligro de tal suerte que no ocurra una descarga (chispa) durante la operación de carga o descarga.

En la Figura 6.2 se da un ejemplo característico de lo descrito anteriormente.

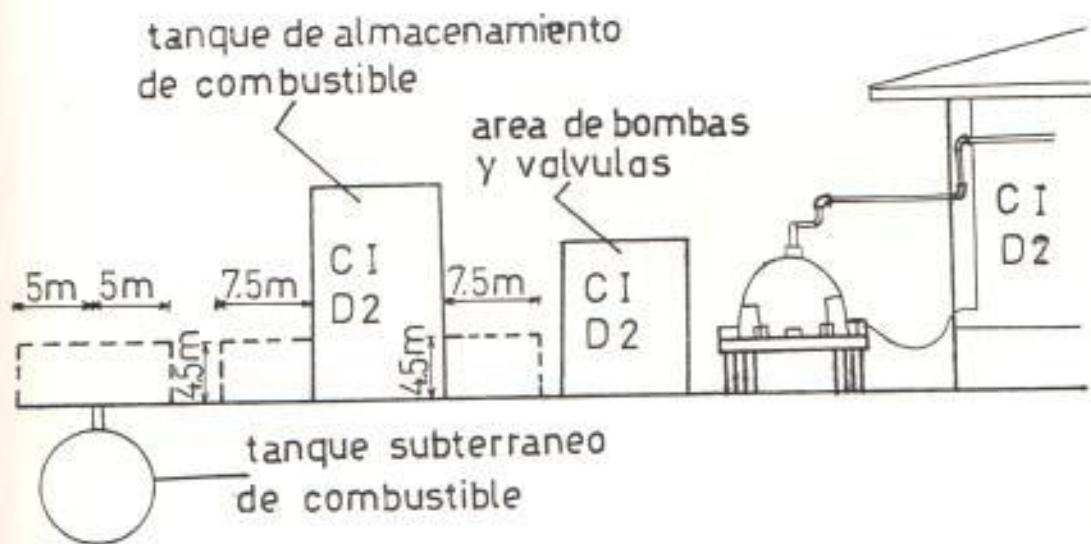


FIGURA 6.2. PLANTA DE ALMACENAMIENTO

La instalación eléctrica del cableado y de los equipos en este tipo de ubicación se realizará de acuerdo a la clasificación de las áreas y sus extensiones; los equipos y materiales, que se deben utilizar se elegirán de acuerdo a lo descrito en el Capítulo IV de este trabajo.

Como se debe proceder para realizar las instalaciones eléctricas se basará en lo descrito en el capítulo V de este trabajo.

Además se deberá considerar lo siguiente:

El aislamiento de los conductores deberán cumplir estrictamente lo definido en el Capítulo IV de este trabajo, en la parte que se habla lo referente al aislamiento de los conductores.

Se colocarán cierres herméticos aprobados para áreas peligrosas, tanto a los límites horizontales como verticales de las áreas definidas peligrosas. Los conductos enterrados bajo áreas definidas como peligrosas se considerarán estar dentro de dichas áreas.

Donde se realice el suministro de gasolina junto con operaciones de almacenamiento, se aplicarán las disposiciones dadas para este caso en el Capítulo IV, punto 6.2 de este trabajo.

Además de la parte metálica del vehículo, todos los conductos metálicos y las partes metálicas del equi



po eléctrico que no transporten corriente se conectarán a tierra según los criterios dados anteriormente en el Capítulo III de este trabajo.

#### 6.4 PROCESOS DE ACABADO.-

Esta clasificación comprenderá lo lugares en donde regular o frecuentemente se aplique pinturas, lacas y otros acabados inflamables por pulverización, inmersión, pintado con brocha o por otros medios, donde se utilicen disolventes volátiles inflamables, o donde puedan producirse residuos fácilmente inflamables de dichas pinturas, lacas o acabados.

Se considerarán locales de la Clase I, División 1, las áreas interiores y que estén dentro de los 5mts. medidos horizontalmente de tanques de inmersión, o donde se realicen trabajos de esmaltado.

Se considerarán locales de la Clase I, División 2, los espacios que rodean los locales Clase I, División 1 y que cubran toda el área interior donde se realicen los procesos de pintado o esmaltado.

Las áreas adyacentes que estén adecuadamente aisladas, que no sea probable que en ellas se acumulen



residuos inflamables y que no permitan el paso de vapores inflamables no se deberán considerar áreas peligrosas.

En la Figura 6.3 se da un ejemplo de como se consideraran las extensiones tanto para la Clase I, División 1, como para la Clase I División 2.

Realizado la clasificación de las áreas y determinadas las extensiones de las mismas; se procede a realizar las instalaciones del cableado y aparatos eléctricos, para lo cual se aplicará los criterios dados tanto para los equipos y materiales en lugares peligrosos (Capítulo IV), así como los criterios dados para realizar las instalaciones eléctricas en lugares peligrosos (Capítulo V).

Se debe además, para este tipo de ubicaciones considerar lo siguiente:

A menos que este específicamente aprobado para el lugar no se instalará ni empleará ningún equipo donde pueda estar sometido a acumulaciones peligrosas de residuos o depósitos fácilmente inflamables.

Se permitirá la iluminación de áreas fácilmente in-

flamables a través de tableros de vidrio o de otros materiales transparentes o translúcidos solamente si: a) como fuentes de iluminación se emplean unidades luminosas fijas, b) si el tablero aísla eficazmente el área peligrosa, c) si la unidad luminosa está aprobada para este lugar específico.

Las lámparas eléctricas u otro equipo de utilización portátil no se usarán dentro de una área peligrosa durante la operación de proceso de acabado. Cuando se usen estas lámparas o este equipo durante las operaciones de limpieza o reparación serán de un tipo aprobado para Clase I y todas las partes metálicas expuestas deberán estar efectivamente conectadas a tierra.

Toda la instalación sobre las áreas peligrosas deberá estar hecha en canalizaciones metálicas o será de cable tipo MI. Las canalizaciones en pisos metálicos celulares, podrán usarse solamente para alimentar salidas o extensiones de techo al área que se encuentre abajo de una área peligrosa; pero estas canalizaciones no tendrán conexiones que lleven al área peligrosa o pasen a través de ella, sobre el piso, a menos que se provea de sellos adecuados, no deberán instalarse conductores eléctricos en ningun-

na celda, canal o ducto que contenga en tubo para vapor, agua, aire, gas, drenaje o para otro servicio que no sea eléctrico.

Todos los conductores metálicos y todas las partes metálicas de todos los equipos fijos o portátiles que no transporten corriente, independientemente de la tensión, se conectarán a tierra según los criterios dados en el capítulo III de este trabajo.

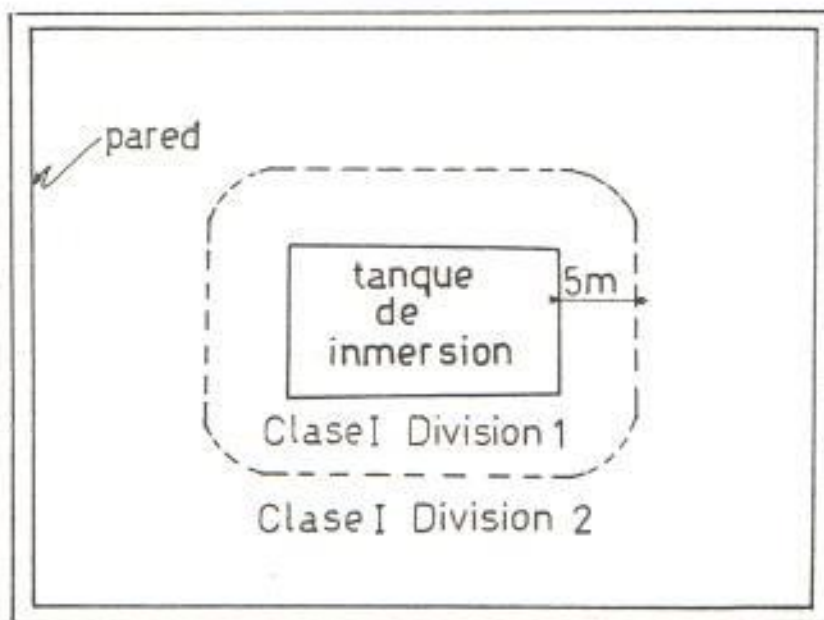


FIGURA 6.3. PLANTA DE PINTURA

#### 6.5 ANESTESICOS COMBUSTIBLE.-

Los anestésicos combustibles son gases o vapores ta

les como el ciclo propano, éter divinilo, cloruro de etilo, éter etílico y etileno, que pueden formar mezclas inflamables o explosivas con el aire, oxígeno u óxido nitroso.

Se consideraran lugares peligrosos y serán clasificados como lugares Clase I, División 1 toda el área de un local en donde se encuentran almacenados anestésicos combustibles o agentes desinfectantes volátiles inflamables.

Los lugares de hospitales en donde se administran anestésicos combustibles tales como: quirófanos, salas de parto y anestesia serán considerados locales Clase I, División 1 hasta una altura de 1.5 mts. sobre el nivel del suelo.

Una vez determinadas las áreas peligrosas y sus extensiones se procede a realizar las instalaciones eléctricas en estas ubicaciones; para lo cual se utilizarán los criterios dados para equipos y materiales; así como para las instalaciones los mismos que están dados en los Capítulos IV y V de este trabajo.

Se deben considerar además las siguientes recomendaciones:



Se colocarán cierres herméticos aprobados para áreas clasificadas y se aplicarán los criterios dados para ajustes herméticos en el Capítulo IV y V; tanto en los límites verticales como horizontales de las áreas definidas peligrosas.

Todos los circuitos en lugares de anestecia definidos en este trabajo; estarán gobernados por un interruptor que tenga un polo desconectador en cada conductor del circuito y estará alimentado por un sistema de distribución sin toma a tierra que estará aislado de todo otro sistema de distribución que alimente otras áreas.

Los aparatos eléctricos y el equipo empleado en una área peligrosa, y que tenga elementos expuestos que transporten corriente o que estén frecuentemente en contacto con los cuerpos de las personas, estarán diñados para trabajar a 8 voltios como máximo, a menos que estén completamente rodeados de una jaula o blindaje metálico. La fuente de alimentación, los dispositivos contra sobrecargas no se instalarán en las áreas peligrosas.

Pueden utilizarse dispositivos de resistencias o impedancias como mandos de las unidades de baja ten-



sión, pero no se utilizarán para limitar la tensión de entrada. Si una unidad de baja tensión contiene un interruptor o un contacto deslizante o que abra y cierre el circuito, o si contiene un reóstato o resistencia que en ciertas condiciones de trabajo puedan alcanzar una temperatura superficial que supere al ochenta por ciento (80%) de la más baja temperatura de ignición de los gases o vapores que pudieren haber presentes, la unidad será de un tipo aprobado para lugares de la Clase I.

Los equipos de rayos X instalados o accionados en un lugar de anestecia, estarán dotados de medios aprobados para evitar la acumulación de cargas electrostáticas.

En cualquier área peligrosa, todos los conductores metálicos y todas las partes metálicas que no transportan corriente (excepto de los equipos que no trabajen a más de 8V entre conductores) estarán conectados a tierra en la forma dispuesta en el Capítulo III de este trabajo.

## CAPITULO VII

### REDISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA ENVASADORA DE G.L.P. DE SANTO DOMINGO

#### 7.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA.-

La Planta Duragas S.A., es una planta de almacenamiento y envasado de Gas Licuado de Petróleo (PROPANO) ubicada en el recinto Río Verde del Cantón Santo Domingo de los Colorados, junto a la carretera Santo Domingo-Quito.

El complejo industrial consiste de:

- a) Planta envasadora
- b) Sala de bombas y compresores
- c) Tanques de almacenamiento
- d) Isla de descarga
- e) Edificio de oficinas
- f) Edificio de taller
- g) Edificio de enfermería, comedor, baños y vestidores.
- h) Edificio de guardiana

## 7.2 ANALISIS DEL DISEÑO ACTUAL DE LA PLANTA.-

Este análisis va a realizarse en todos los lugares de la planta donde exista la presencia de áreas clasificadas como peligrosas. Se analizará entonces este diseño considerando los criterios utilizados para el actual diseño y tomando en cuenta todas las consideraciones dadas para las instalaciones eléctricas en lugares peligrosos en el presente trabajo; en este caso para una planta donde se tiene la presencia de Gas Propano, dicho esto entonces se procede a realizar el respectivo análisis.

Se debería empezar determinando los lugares de la planta que presentan un peligro por la presencia del Gas que es manipulado en esta planta; en el diseño actual no se a utilizado los criterios suficientes para establecer la peligrosidad o no peligrosidad de cada ambiente y determinar la Clase, División y Grupo que le corresponde, es decir que se deja de lado los criterios para la clasificación de las áreas, para la asignación de la división, para determinar la extensión de las áreas peligrosas y para determinar el o los grupos correspondientes.

Si no se realizó lo descrito anteriormente, entonces

al seleccionar los equipos y accesorios eléctricos para las distintas áreas peligrosas se han cometido errores, ya que no se ha tenido el debido cuidado de que cada uno de estos equipos y accesorios cumplan las reglas y especificaciones requeridas para que sean instalados en lugares peligrosos. Se tiene por lo tanto que al usar de una manera inadecuada estos equipos y accesorios se crea un peligro para la planta.

Las especificaciones que se dan para la construcción o instalación eléctrica de la planta son dadas como si se tratase de una instalación regular, esto es algo que se debe tener sumo cuidado para la seguridad de la planta.

No se dan los detalles de como conectar los distintos equipos y accesorios en las áreas clasificadas como peligrosas.

Puesta a tierra, no se utilizan puentes de unión.

En el sistema de puesta a tierra, se han dejado de lado criterios importantes especialmente en la no utilización de los puentes de unión en las tuberías



que por utilización de bridas aislantes o por otra razón se interrumpa la continuidad eléctrica de la longitud total de la tubería.

### 7.3 JUSTIFICACION DEL REDISEÑO.-

Una vez realizado el análisis del diseño actual de la planta, se encuentra que este ha sido realizado con muy pocos criterios sobre Instalaciones Eléctricas en Lugares Peligrosos, lo cual significa que el diseño realizado no es el más óptimo, ni el más seguro; entonces se justifica plenamente la realización de un nuevo diseño.

### 7.4 REDISEÑO DE LA PLANTA.-

Como aplicación práctica de las reglas y especificaciones dadas en este trabajo, se presenta el diseño de la Planta Industrial de Almacenamiento y Envasado de Gas Licuado Propano.

#### CALCULO DE CARGA:

Para efectos del cálculo de carga se ha dividido la planta por zonas, a saber:



1. Talleres
2. Envasadora
3. Sala de bombas y compresores, isla de descarga
4. Oficinas
5. Iluminación exterior
6. Vestidores, baños, enfermería, comedor
7. Guardianía

La potencia instalada estimada para cada uno de estos sitios es la siguiente:

1. Talleres	35 KVA
2. Envasadora	1.5 KVA
3. Sala de bombas y compresores, isla descarga.	20 KVA
4. Oficinas	4.5 KVA
5. Iluminación exterior	7.5 KVA
6. Vestidores, baños, enfermería, comedor.	5.0 KVA
7. Guardería	2.0 KVA

Aplicando factores de simultaneidad individualmente a cada zona y generalmente a todo el complejo, con el fin de tomar en cuenta un promedio de carga coincidente se obtiene una demanda máxima de 51 KVA. Con el fin de dejar cierta reserva para aumentos de car

ga futura no programados actualmente, se selecciona como la mejor alternativa la instalación de un banco de transformadores trifásico de 75 KVA.

#### SUMINISTRO DE ENERGIA:

La energía eléctrica necesaria para la planta será suministrada por la Cooperativa de Electrificación Rural Santo Domingo S.A., en alta tensión (13.800 voltios), mediante líneas aisladas, desde el poste más cercano de la red hasta el cuarto de transformadores.

#### DESCRIPCION DEL PROYECTO:

En la planta se almacena y se envasa Gas Propano, este elemento que es el que se manipula es un compuesto altamente explosivo y sus características más importantes son:

Temperatura de ignición	450°C
Límites explosivos	mínimo 2.2%
	máximo 9.5%
Densidad de vapor	1.6
Clase I	
Grupo D	

Las distintas áreas dentro de la planta realizan su respectiva función, y son las siguientes:

#### PLANTA ENVASADORA:

Es el área en la cual se realiza o se lleva a cabo el envasado del Gas en los respectivos cilindros o envases; en esta área existen los siguientes equipos:

- Manifold de envasado
- Válvulas para el llenado de los cilindros
- Válvulas de seguridad
- Manómetros. Estos sirven para el control de flujo (presión) en las tuberías.
- Balanzas para el pesado de los cilindros

#### SALA DE BOMBAS Y COMPRESORES:

Es el área donde se encuentra todo el sistema de bombeo y compresión, sea para el aprovisionamiento o despacho del gas. En este sistema se encuentran las bombas, compresores, botoneras de arranque y parada, pulsador de alarma de incendio y parte de la tubería.

### TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

En esta área se encuentran los tanques de almacenamiento del gas que en total son tres(3); son metálicos completamente cerrados. Cada tanque para su seguridad dispone de los siguientes elementos de control y operación:

- Manómetro, instalado en la zona de gas, con válvula de exceso de flujo.
- Termómetro, montado en la zona de líquido
- Nivel del líquido fijo, rotativo u otro tipo
- Válvula exceso de flujo, en los orificios de salida del líquido y vapor.
- Válvula de seguridad, sobre la zona gaseosa del tanque.
- Nivel de máxima

### EDIFICIO DE OFICINAS:

En esta área se encuentra ubicado todo lo relacionado con lo administrativo de la planta.

### EDIFICIO DE TALLER:

Es el área donde se realiza el mantenimiento,

realizar reparaciones de equipos, pintada de los ci lindros y en general todo lo que sea necesario y se pueda realizar en el taller.

#### EDIFICIO DE ENFERMERIA, COMEDOR, BAÑOS Y VESTIDORES:

En cada una de estas áreas se realizará lo que le co rresponde específicamente.

#### EDIFICIO DE GUARDIANIA:

Es el área donde se encontrará el personal de guar dianos de la planta.

#### TRINCHERA DE TUBERIAS:

Esta es el área por donde están instaladas todas las tuberías que van desde la isla de descarga hasta los tanques de almacenamiento, siguiendo de ahí hasta la planta de envasado. En la tubería se tienen varios manómetros.

#### ISLA DE DESCARGA:

Es el área donde se realiza la descarga del gas des



de los carros tanques (tanqueros) hacia los tanques de almacenamiento de la planta. Se tiene los elementos de control que son necesarios, estos son válvula de seguridad, manómetros y un pulsador de la alarma de incendio.

#### CLASIFICACION DE LAS AREAS:

Debido a que el compuesto manipulado en la planta tiene características inflamables se crean condiciones ambientales altamente peligrosas; por lo cual, las instalaciones eléctricas en las áreas donde es posible la presencia masiva de Gas en el ambiente, ya sea en operación normal o en operación anormal, requieren ser del tipo a prueba de explosión.

Para establecer la peligrosidad o no peligrosidad de cada ambiente y determinar la clase, división y grupo que le corresponde, se divide a la planta en áreas de estudio y se procede a analizar cada una de ellas para lo cual se aplican las reglas dadas en el Capítulo I de este trabajo. Las áreas de estudio están dadas en la Figura 7.1.

A continuación se realiza la aplicación práctica de la metodología propuesta.

## PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA CLASIFICACION:

### PASO 1:

El procedimiento consiste en contestar al cuestionario dado en la sección 1.2.6. Se considera las dos preguntas formuladas en el Paso 1 de la sección mencionada.

### PLANTA ENVASADORA:

En esta área se realiza el envasado de los cilindros lo cual significa que se manipula el gas licuado propano que es un compuesto inflamable; por lo tanto, existe la presencia de gas inflamable en esta área.

Se estará por lo tanto, respondiendo afirmativamente a la primera pregunta formulada, por consiguiente se ve la necesidad de clasificarla como área peligrosa, Clase I.

### SALA DE BOMBAS Y COMPRESORES:

En esta área están instaladas las bombas y los compresores por lo cual se tendrá tuberías que llegan

a las bombas y compresores, entonces la presencia de gas inflamable es probable. Se estará contestando afirmativamente a la primera pregunta formulada, por lo tanto se la clasifica a esta área como una área peligrosa, Clase I.

#### TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

En esta área se encuentran los tanques de almacenamiento del gas licuado de petróleo. Esta condición responde afirmativamente a la primera pregunta formulada por lo que es necesario clasificarla como área peligrosa, Clase I.

#### EDIFICIO DE OFICINAS:

En esta área está lo suficientemente alejada de los lugares donde existe la presencia de Gas inflamable, por lo que es imposible la presencia de gas en esta área. Esta condición responde negativamente a las dos preguntas formuladas, por lo tanto a esta área se la considera como una área no peligrosa.

#### EDIFICIO DE TALLER:

En esta área se tiene las mismas condiciones que se

tenía para el área de oficinas, por lo tanto se la considera igualmente como una área no peligrosa.

#### EDIFICIO DE ENFERMERIA, COMEDOR, BAÑOS Y VESTIDORES:

En esta área al igual que para el área de oficinas se tienen las mismas condiciones, por lo tanto se la considera como una área no peligrosa.

#### EDIFICIO DE GUARDIANIA:

En esta área se tiene las mismas condiciones que se tenía para el área de oficinas, por lo tanto se la considera de igual manera como una área no peligrosa.

#### ISLA DE DESCARGA:

En esta área se realiza la descarga del gas de los camiones tanques (tanqueros), por lo que la presencia de gas es probable. Estas condiciones presentes en esta área responde afirmativamente a la primera pregunta formulada, por lo tanto, es necesario clasificarla como área peligrosa, Clase I.



## AREA DE RECORRIDO DE TUBERIA:

El recorrido del gas combustible se lo realiza a través de tubería, se tiene entonces que por toda el área que realiza el recorrido la tubería se tendrá la probable presencia de gas. Estas condiciones presentes en esta área responde afirmativamente a la primera pregunta formulada, es necesario entonces clasificarla como área peligrosa, Clase I.

## PASO 2: ASIGNACION DE LA DIVISION

Para determinar la División de cada una de las áreas clasificadas como peligrosas anteriormente, se debe analizar sus condiciones de operación; para lo cual se presentan varias preguntas formuladas en la sección 1.2.6 en el paso 2. Estas preguntas se formulan para determinar si se tiene división 1 o si se tiene división 2.

La división, asignada a cada área en este paso, no se la debe considerar como definitiva. La confirmación o modificación de las mismas se establecerá más adelante cuando se trate sobre la extensión de las áreas peligrosas.



Analizaremos cada una de las áreas, pero esta vez sólo las áreas que se consideraron como peligrosas.

#### PLANTA ENVASADORA:

En esta área bajo condiciones normales de operación existe concentración de gas inflamable, esto contesta afirmativamente una de las preguntas formuladas para determinar si se tiene división 1. Se la designa por lo tanto a esta área como división 1.

#### SALA DE BOMBAS Y COMPRESORES:

En esta área es probable la concentración de gas inflamable debido a mantenimiento o reparación; además es probable que una falla en el sistema eléctrico suceda simultáneamente con una falla en el equipo de proceso que provoque una disipación de gas; esto contesta afirmativamente dos preguntas formuladas para determinar si se tiene división 2. Por lo tanto, a esta área se la debe designar como división 2.

#### TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

Los tanques de almacenamiento son completamente cerrados y los equipos de control, tales como: válvu-

las, medidores, serán bien mantenidos. Los gases inflamables pueden escapar al ambiente en concentraciones peligrosas, solo en el caso de situaciones anormales (falla). Esto responde afirmativamente a una de las preguntas formuladas para determinar si se tiene división 2. Por lo tanto, a esta área se la debe designar como división 2.

#### ISLA DE DESCARGA:

Es probable la concentración de gas inflamable bajo condiciones normales de operación. Estas condiciones de operación hacen que a esta área se la asigne la división 1.

#### AREA DE RECORRIDO DE TUBERIA:

En todo el recorrido de la tubería los gases inflamables sólo pueden escapar al ambiente en condiciones anormales de operación. Estas condiciones de funcionamiento hacen que esta área se la designe división 2.

#### EXTENSION DE LAS AREAS CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS:

Para fijar los límites de cada una de las áreas cla

sificadas como peligrosas, se aplican las recomendaciones dadas en las secciones 1.2.4 y 1.2.5 las mismas que tienen que ver con la determinación de separaciones de las áreas peligrosas y con los límites de las extensiones de las mismas.

Se considera básicamente la densidad del gas y el tipo de ventilación, puede ser natural o forzada.

La densidad del Gas Licuado Propano es 1.6, lo cual indica que la fuente de peligro está dada por una sustancia más densa que el aire. Se debe entonces utilizar los criterios y recomendaciones dadas para cuando se tiene vapores o gases inflamables que son manejados o procesados y que son más densos que el aire.

Se procede a fijar las extensiones de cada una de las áreas que anteriormente se las clasificaron como peligrosas.

#### PLANTA DE ENVASADO:

Esta área es cerrada con una ventilación inadecuada, se suma a esto la característica de este gas infla-

mable que tiene una densidad mayor que la del aire; esto hace que la área designada como división 1, se extienda sus límites a todo el espacio cerrado, esto es, a toda el área interior cerca del nivel del piso y hasta una altura igual al alto de las paredes sólidas.

Las extensiones de la planta de envasado están ilustradas en las Figuras 7.2 y 7.3.

#### SALA DE BOMBAS Y COMPRESORES:

Esta área es abierta (sin paredes) solamente tiene techo, se tiene que la asignación de división 2 para esta área clasificada, se extiende por toda la parte baja del área hasta una altura de 1.5 mts.

Las extensiones del área de la sala de bombas y compresores están ilustradas en las Figuras 7.4 y 7.5.

#### TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

Esta área es completamente abierta (sin paredes y sin techo), se tiene que la asignación de división 2 para esta área se extiende 3 mts. hacia arriba de la parte superior de los tanques y 3 mts. hacia los



lados extremos de los dos tanques.

Las extensiones de esta área están ilustradas en las Figuras 7.6 y 7.7.

#### ISLA DE DESCARGA:

Esta área presenta las mismas características que el área de la sala de bombas y compresores, por lo tanto se aplica el mismo criterio para asignar las extensiones.

Las extensiones de esta área están ilustradas en las Figuras 7.8 y 7.9.

#### AREA DE RECORRIDO DE TUBERIA:

En todo el recorrido que realizan las tuberías se le asignó al área como división 2, esta división se mantendrá hasta una extensión de 2 mt. en todas las direcciones.

Después de haber realizado la metodología para los distintos pasos y las distintas áreas; se tiene que la clasificación para las áreas de estudio es la siguiente:



## AREAS PELIGROSAS

<u>Area</u>	<u>Clase</u>	<u>División</u>	<u>Grupo</u>
Planta Envasadora	I	1	D
Sala de bombas y compresores.	I	2	D
Tanques de almacenamiento.	I	2	D
Isla de descarga	I	1	D
Recorrido de tubería	I	2	D

## AREAS NO PELIGROSAS

Edificio de oficinas

Edificio de taller

Edificio de Enfermería, Comedor, Baños y Vestidores

Edificio de Guardianía

## SELECCION DE EQUIPOS, ACCESORIOS Y MATERIALES:

Se va a proceder a realizar la selección de los equipos, accesorios y materiales en las áreas que se las consideró como peligrosas; todo diseñador y constructor deben tener sumo cuidado al elegir cada uno de estos productos ya que de esto dependerá la seguridad de la instalación eléctrica; entonces se deberá considerar cada una de las reglas y especificaciones dadas para la selección de es-

tos productos en las diferentes áreas clasificadas como peligrosas; estas reglas y especificaciones están descritas en el Capítulo IV de este trabajo.

Se procederá a la selección de estos productos de acuerdo a la peligrosidad de cada área.

#### AREAS CLASE I, DIVISION 1, GRUPO D

Esta clasificación de área se encuentra en la planta de envasado en la Isla de carga se realizará la selección tan sólo de los productos que se encuentra en estas áreas.

#### CONDUCTORES

Cable Tipo MI para 600 voltios, sus características más importantes son: posee blindaje metálico, aislamiento mineral refractario altamente comprimido, estanca a líquidos y gases. (Tabla VII-B) El calibre de los conductores se lo determina de acuerdo a la corriente a transportar. (Tablas VIII-A y VIII-B).

#### CANALIZACIONES

Deberán ser metálicas aprobada para usos eléctricos, por ningún motivo se aceptarán de materiales plástico. El

diámetro de las canalizaciones se lo determina por el número de conductores y su calibre. (Tabla XII).

#### CAJAS DE PASO Y DERIVACION

Tipos: OEC, marca Crouse-Hinds, sus características más importantes son aprobados para Clase I, División 1, Grupos C, D. Figura 4.2.

EABC, marca Crouse-Hinds, cumple con las características anteriores pero es también aprobado para los Grupos A y B. Las cajas se las elije en base a las tablas XIII y XIV.

#### COMPUESTOS AISLANTES

Chico A-P Intrapak, Chico A Intrapak; o similar, como se muestra en la Figura 4.14.

#### SELLOS

Tipo EYS, marca Crouse-Hinds, sus características más importantes son para uso en tubería vertical u horizontal, aprobado para Clase I, División 1, Grupos C y D, como se muestra en la Figura 4.15.

## INTERRUPTORES

Tipo EDSC, marca Crouse-Hinds, 15 Amp., 120-240 voltios, o similares. Sus características más importantes son: Aprobados para Clase I, División 1, Grupos B, C y D, sellados de fábrica y a prueba de explosión, como se muestra en la Figura 4.27.

## PULSADORES

Tipo EFS, marca Crouse-Hinds o similares, como se muestra en la Figura 4.29.

## LUMINARIAS

Tipo serie EV, marca Crouse-Hinds, 150 Watt. Figura 4.36  
Los accesorios para este tipo de luminarias son los siguientes:

Colgadero fijo, tipo EFHC, EFH, marca Crouse-Hinds, o similares como se muestra en las Figura: 4.35.

Soporte flexible fijo, tipo ECHF o EFH, marca Crouse-Hinds o similares como se muestra en las Figura 4.35.

## AREAS CLASE I, DIVISION 2, GRUPO D

Esta clasificación de área se encuentra en sala de bombas y compresores, tanques de almacenamiento, se realiza a continuación la selección de los productos para estas áreas.

#### CONDUCTORES

Cable tipo MI para 600 voltios

#### CANALIZACIONES

Deberán ser metálicas aprobada para usos eléctricos, por ningún motivo se aceptarán de material plástico.

#### CAJAS DE PASO Y DERIVACION

Tipo LB o WJB marca Crouse-Hinds, son aprobados para Clase I, División 1, Grupos C y D. Se pueden usar estos o similares, como se muestra en las Figuras 4.4 y 4.5.

#### COMPUESTOS AISLANTES

Chico A-P Intrapak, Chico A Intrapak o similar como se muestra en la Figura 4.14.



## ELLOS

tipo EYS o EZS, marca Crouse-Hinds. Figura 4.15 y 4.16

## INTERRUPTORES

tipo Serie EDSC, marca Crouse-Hinds, 15 Amp., 120-240 Volt., o similares como se muestra en la Figura 4.27.

## ULSADORES

tipo serie EFS, marca Crouse-Hinds, o similares, como se muestra en la Figura 4.26.

## OMACORRIENTE

tipo CES, marca Crouse-hinds, 30-60 Amp. o somilar. Sus características más importanes son: Tiene una acción reardada, para conectar equipos eléctricos movibles, como se muestra en la Figura 4.18.

## NCHUFE

tipo ENP, marca Crouse-Hinds, o somilar, como se muestra en la Figura 4.19.

## LUMINARIS FIJA

Tipo serie VMV, marca Champ, 150 Watt, como se muestra en la Figura 4.39.

Los accesorios para este tipo de luminarias son los siguientes:

Colgadero fijo, tipo AHG, GS, marca Crouse-Hinds, o similares, como se muestra en las Figuras 4.35.

Soporte fijo, ECHF, marca Crouse-Hinds o similares, como se muestra en las Figuras 4.35.

Soporte fijo, ECHF, marca Crouse-hinds o similares, como se muestra en la Figura 4.35.

## LUMINARIAS PORTATILES

Tipo EVH, marca Crouse-hinds, o similar, como se muestra en la Figura 4.40.

## MOTORES

Debe ser un motor que esté aprobado o listado para ser

usado en áreas Clase I, División 1, Grupo D. Debe ser a prueba de explosión, debe tener protección de sobrecorriente. Pueden ser del tipo jaula de ardilla de inducción. El laboratorio UL da motores listados para este uso, por lo que se podría recurrir a este listado para determinar el motor. Para su conexión se recomienda usar cordón flexible aprobado para uso extraduro.

#### PUESTA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra es diseñado con el doble interés de evitar descargas electrostáticas y reducir la posibilidad de sobre voltajes.

Las recomendaciones para la puesta a tierra, están dadas en el Capítulo III de este trabajo.

Se recomienda un electrodo introducido en la tierra del tipo placa conductora, no férrea, placa de acero, caños de hierro galvanizado, barra conductora, etc. Preferible uno o los que sean necesarios caños de hierro galvanizado de 250 mts. de largo y diámetro de 19 mm (3/4"), de manera que se tenga una resistencia de puesta a tierra menor a 25 ohmios. Se debe utilizar también los puentes de unión donde se requieran.

En los planos se indican los electrodos que se deben usar

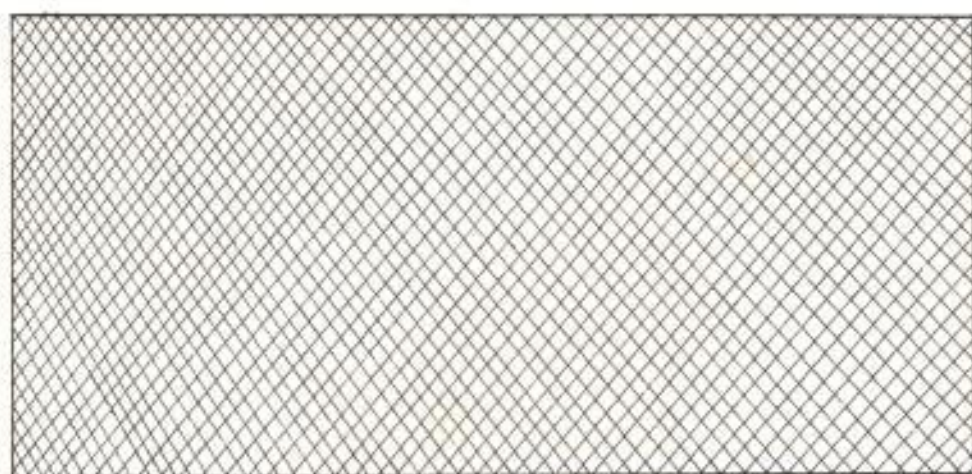
#### INSTALACIONES ELECTRICAS

Para realizar las instalaciones eléctricas en las áreas clasificadas como peligrosas se sigue las reglas dadas para el caso en el Capítulo V del presente trabajo, algunos detalles importantes se los darán en los planos eléctricos de la planta con los cuales quedará claro como realizar estas instalaciones.

#### AREAS NO PELIGROSAS

El trabajo que se está realizando tiene que ver con los lugares peligrosos, por lo que queda fuera del alcance del mismo la selección de los diferentes productos que se utilizarán en las áreas no peligrosas; además los equipos, accesorios y materiales necesarios para estas áreas son los utilizados regularmente, lo cual es muy conocido.

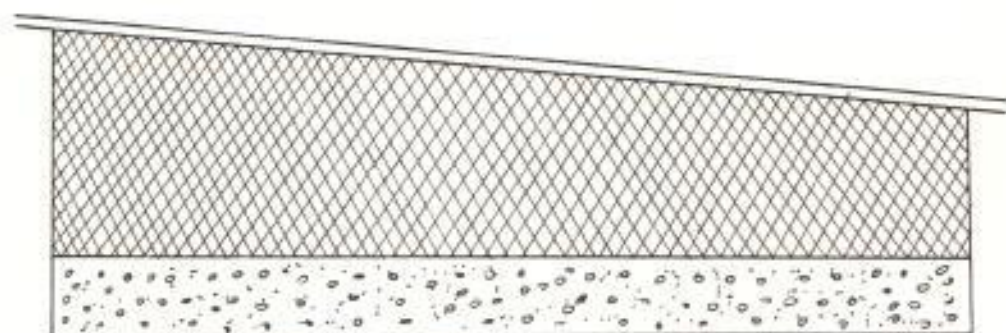




 DIVISION 1

FIGURA. 72.-PLANTA DE ENVASADO. EXTENSION  
DE LOS LIMITES PELIGROSOS

Escala 1:200



 DIVISION 1

FIGURA. 73.- PLANTA DE ENVASADO. VISTA  
LATERAL.

Escala 1:100

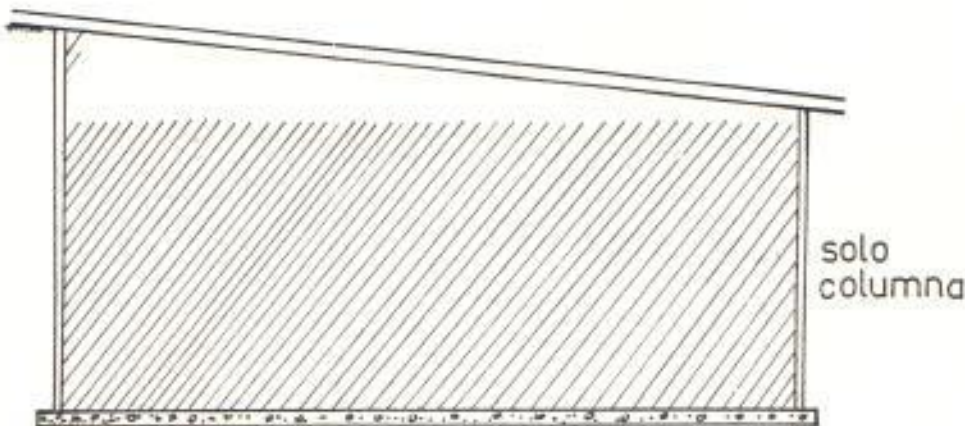




 DIVISION 2

Escala 1:100

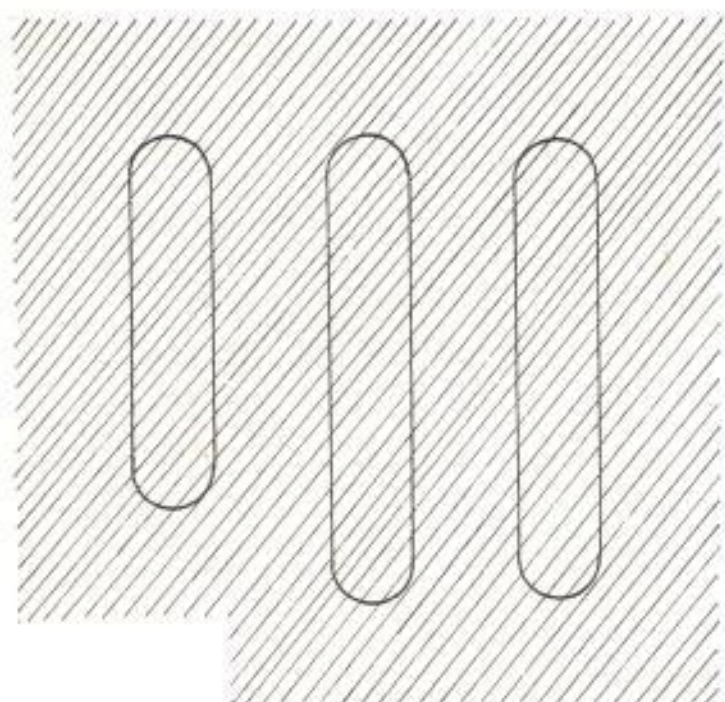
FIGURA. 74.- SALA DE BOMBAS Y COMPRESORES.  
EXTENSION DE LOS LIMITES PELI-  
GROSOS.



 DIVISION 2  DIVISION 2 ADICIONAL

FIGURA. 75.- SALA DE BOMBAS Y COMPRESORES.  
VISTA LATERAL.

Escala 1:50



▨ DIVISION 2

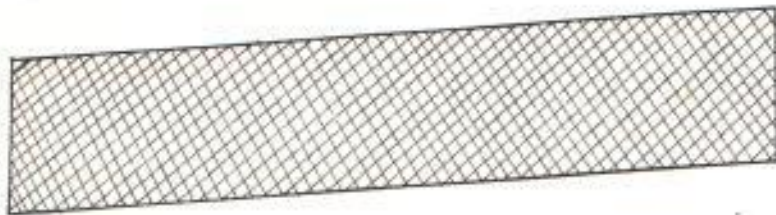
FIGURA.7.6.- TANQUES DE ALMACENAMIENTO. EXTENSION DE LOS LIMITES PELIGROSOS.



▨ DIVISION 2

FIGURA 7 7 TANQUES DE ALMACENAMIENTO, VISTA FRONTAL.

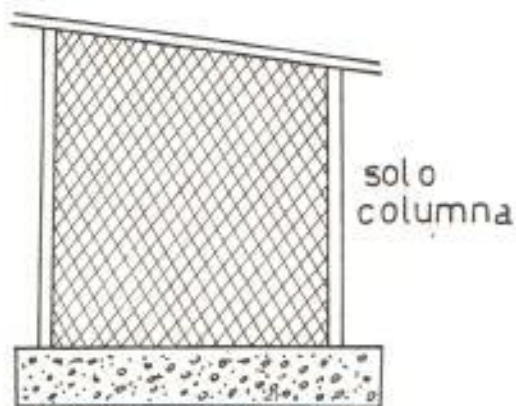
Escala 1:200



 DIVISION 1

FIGURA. 7.8.- ISLA DE DESCARGA. EXTENSION DE LOS LIMITE S PELIGROSOS.

Escala 1:100



 DIVISION 1

FIGURA. 7.9.- ISLA DE DESCARGA. VISTA FRONTAL.

Escala 1:50

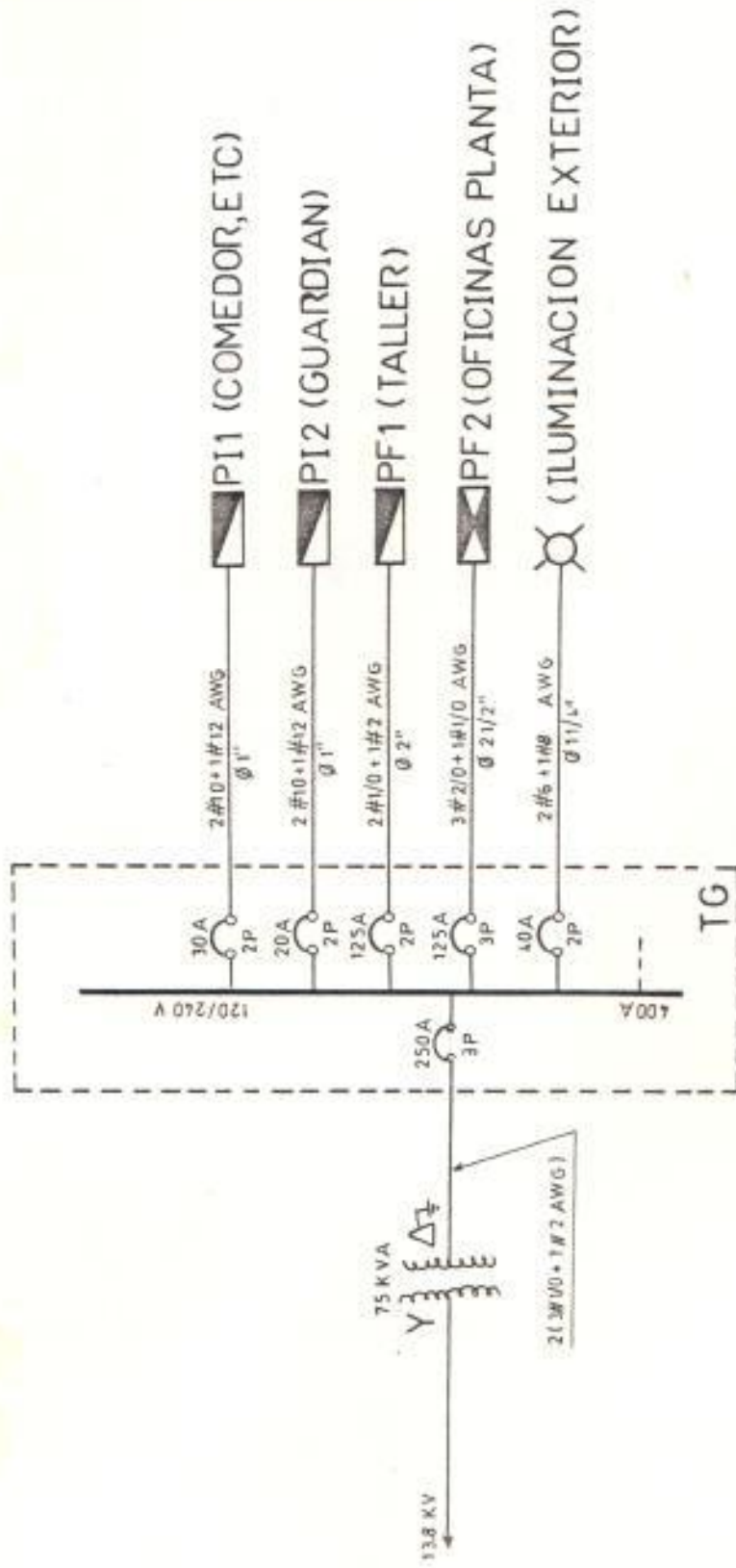


DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL



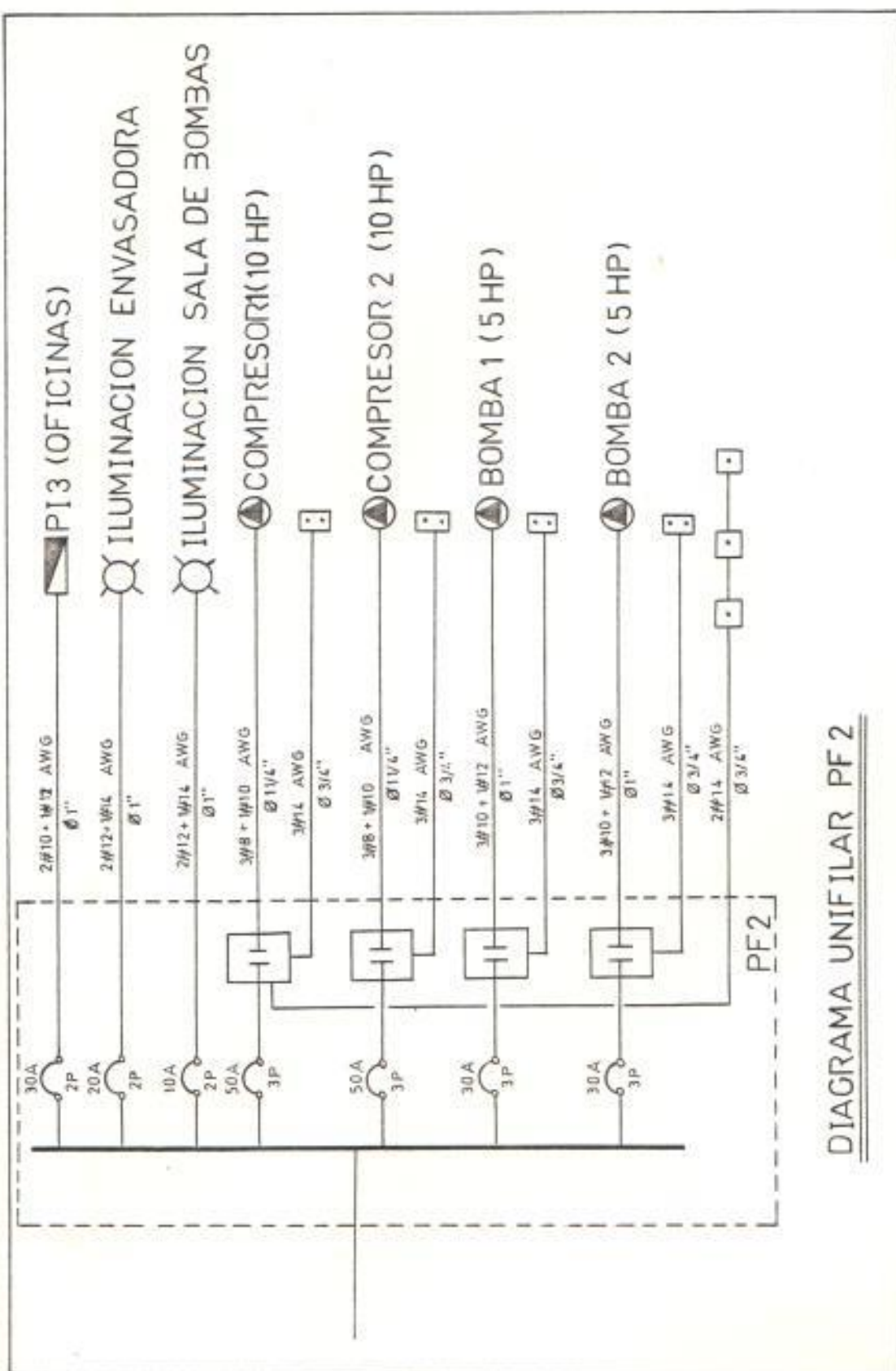
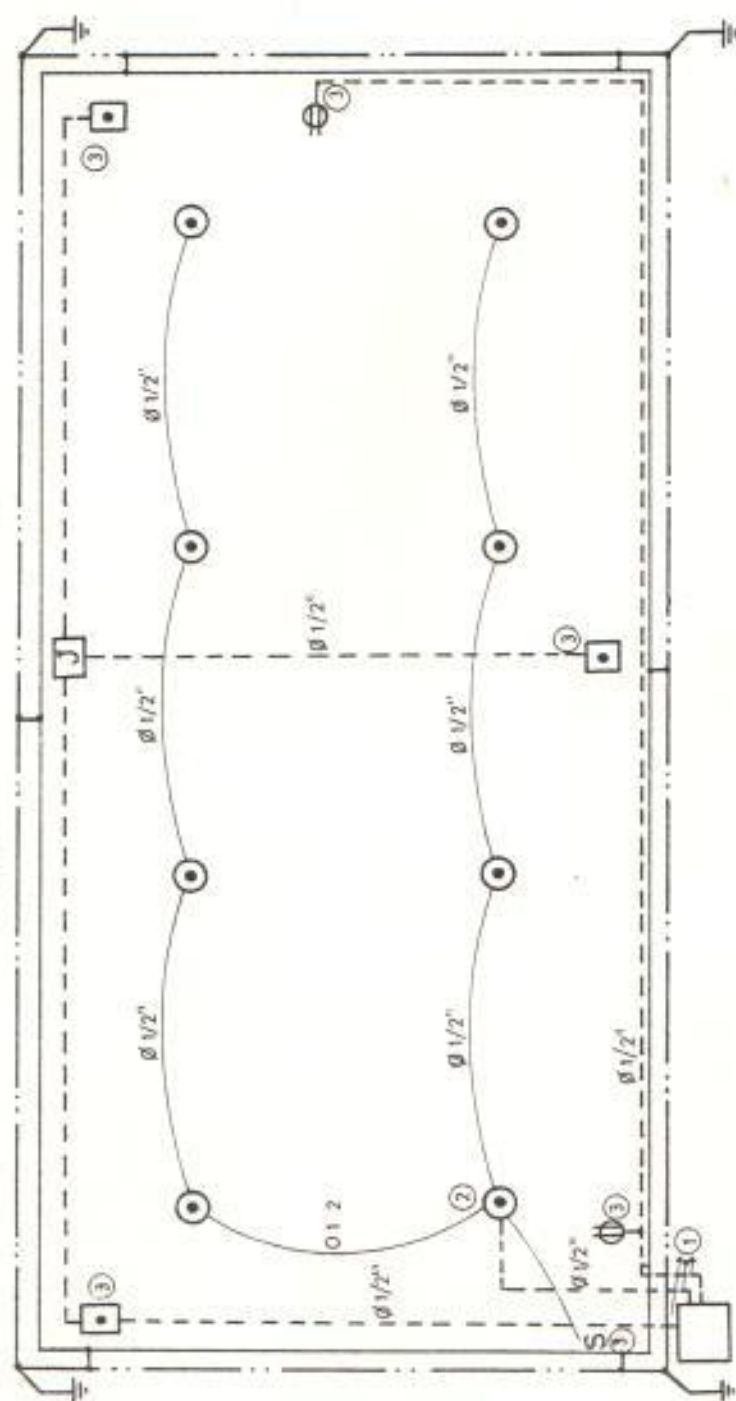
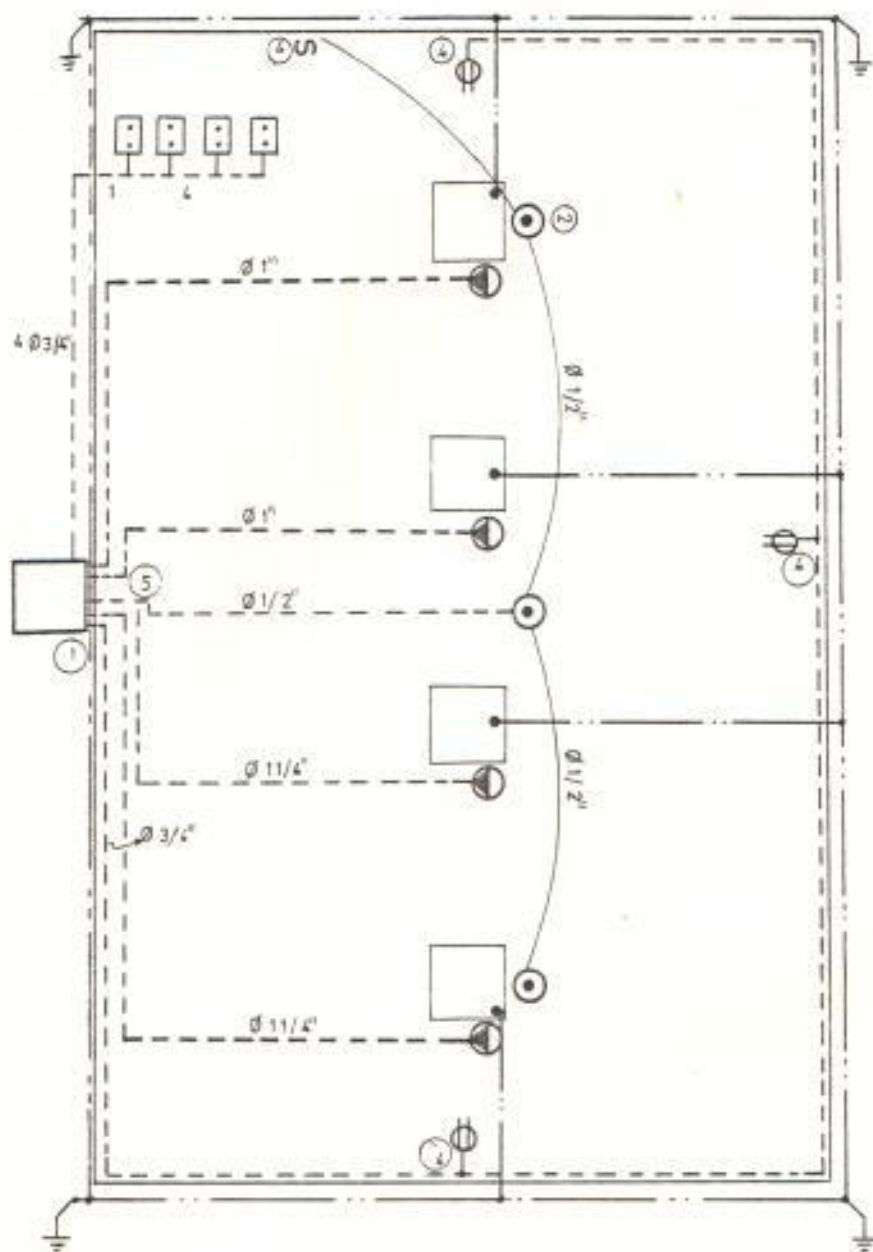


DIAGRAMA UNIFILAR PF2





ENVASADORA : SISTEMA ELECTRICO



SALA DE BOMBAS Y COMPRESORES: SISTEMA ELECTRICO.

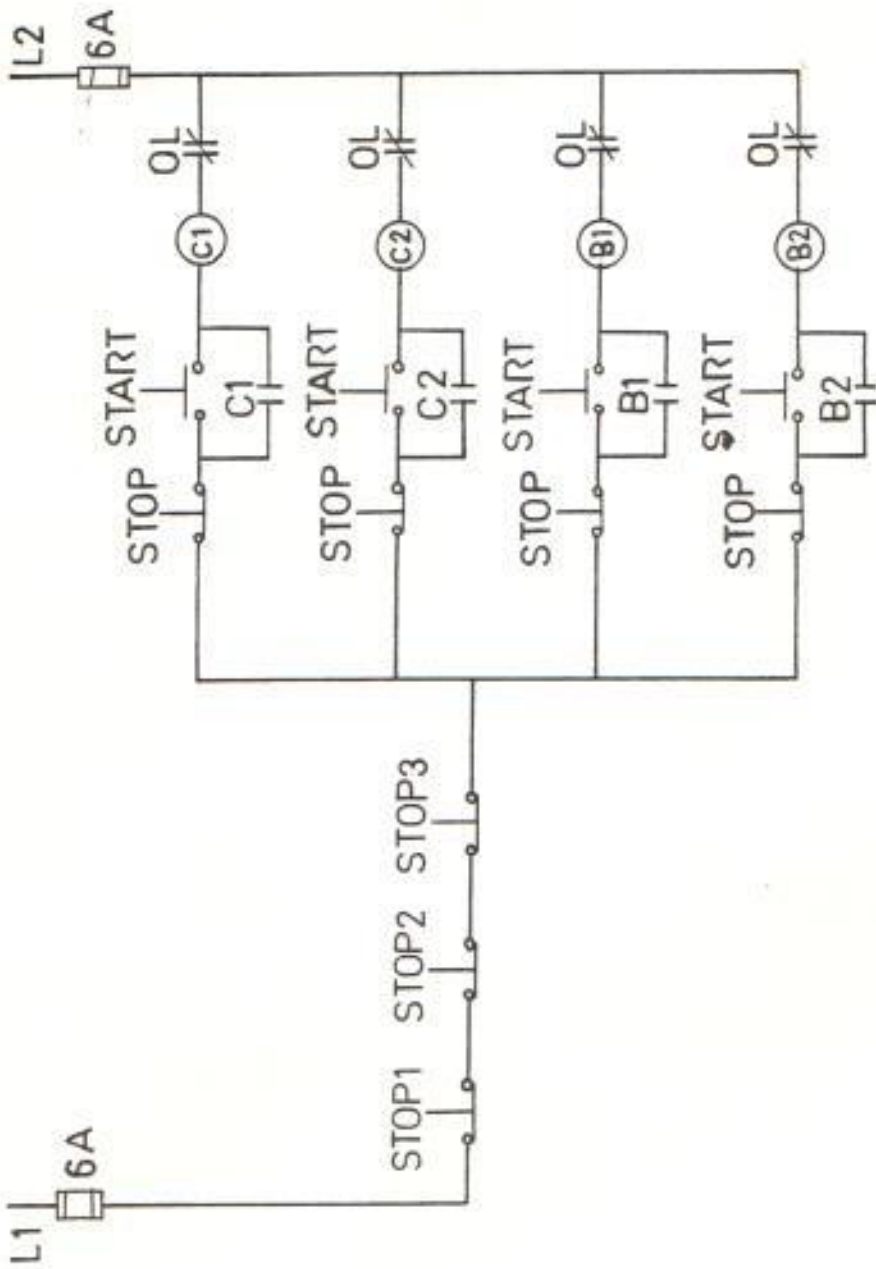
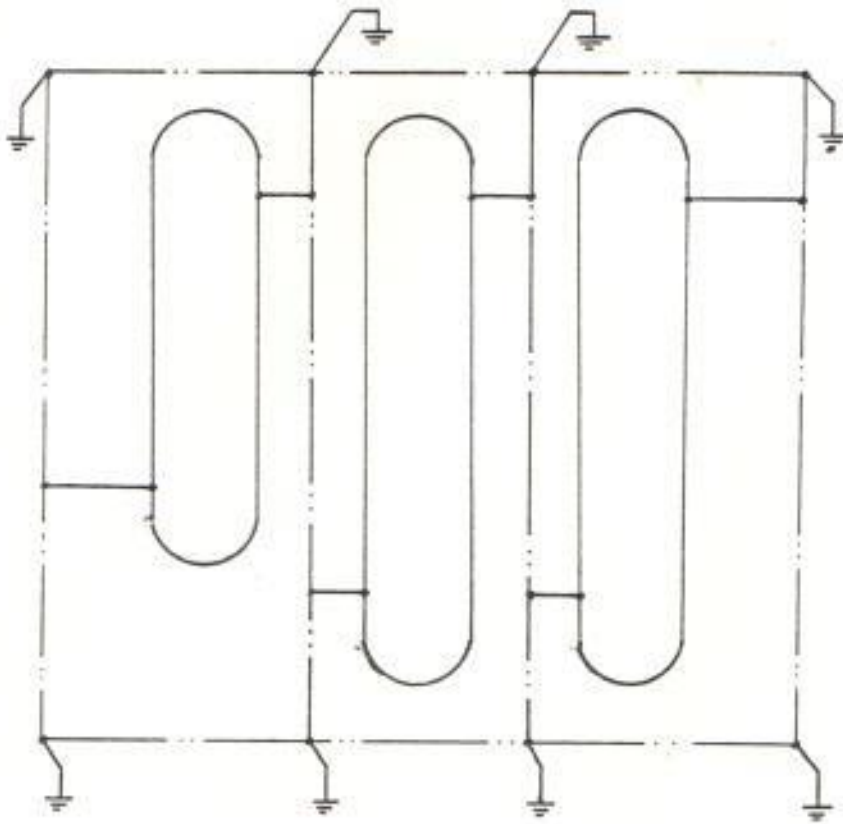
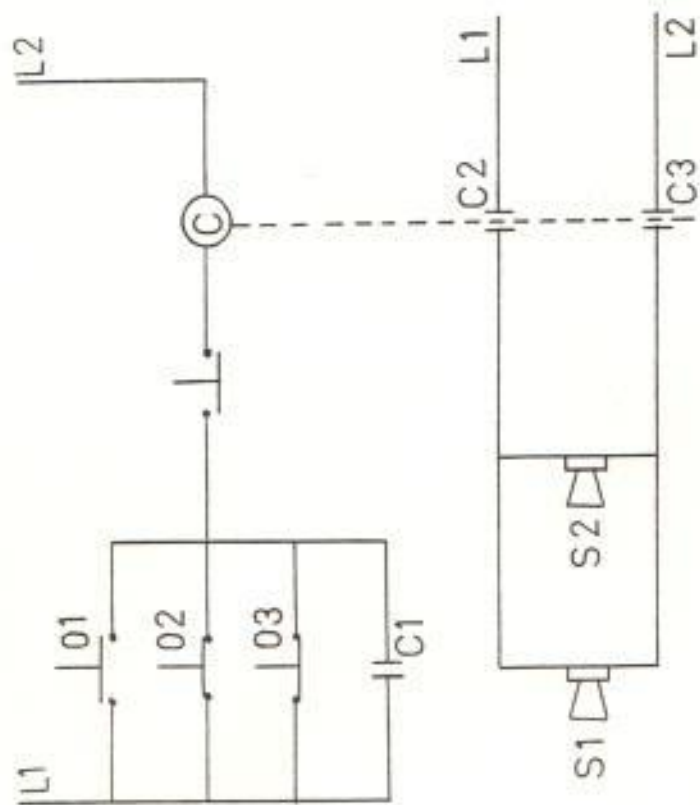


DIAGRAMA DE CONTROL DE MOTORES.



ZONA DE TANQUES: SISTEMA DE  
PUESTA A TIERRA.



01 02 03 OPERADORES DE  
ALARMA MANUAL.

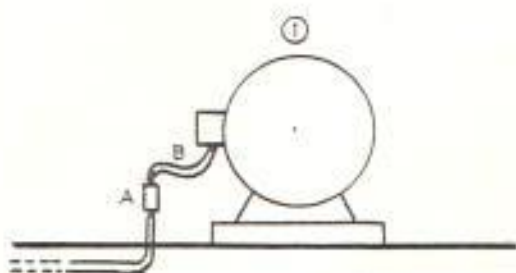
C CONTACTOR MAG-  
NETICO.

S1 S2 SIRENA DE GRAN  
ALCANCE.

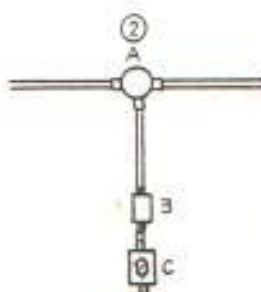
CONTROL DE ALARMA DE INCENDIO.



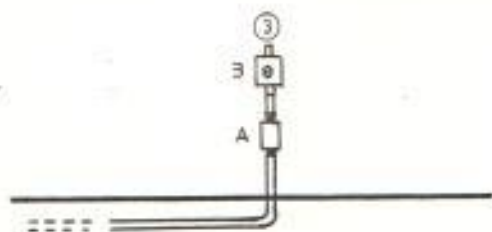
## DE TALLER



A: SELLO A PRUEBA DE EXPLOSION  
B: CONEXION FLEXIBLE A PRUEBA DE EXPLOSION.



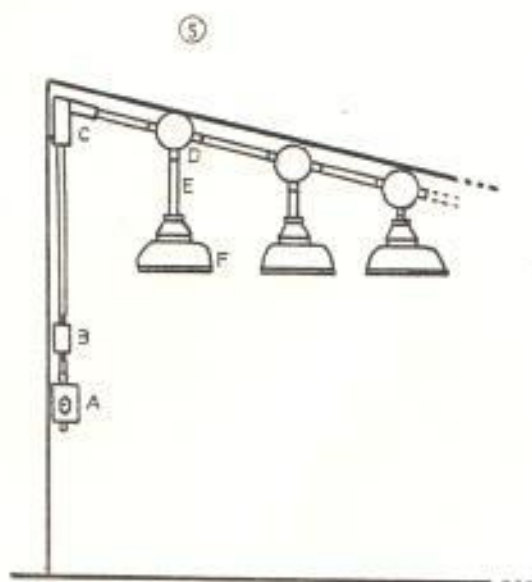
A: CAJA A PRUEBA DE EXPLOSION  
B: SELLO A PRUEBA DE EXPLOSION  
C: INTERRUPTOR, TOMACORRIENTE A PRUEBA DE EXPLOSION.



A: SELLO A PRUEBA DE EXPLOSION  
B: INTERRUPTOR TOMACORRIENTE A PRUEBA DE EXPLOSION



















A: TABLERO POZO DE REVISION  
B: SELLO A PRUEBA DE EXPLOSION



A: INTERRUPTOR A PRUEBA DE EXPLOSION  
B: SELLO A PRUEBA DE EXPLOSION  
C: CAJA A PRUEBA DE EXPLOSION  
E: SOPORTE COLGANTE  
F: LAMPARA A PRUEBA DE EXPLOSION

## SIMBOLOGIA

- · — Tuberia rigida empotrada
-  Arrancador magnetico 30 NEMA 2
-  Botonera marcha paro a prueba de explosion Tipo EDS
-  Pulsador de paro de emergencia a prueba de explosion Tipo EFS
-  Luminaria de vapor de sodio alta presion a prueba de explosion Tipo EV
-  Luminaria de alumbrado publico de vapor de sodio de 150w
-  Luminaria de alumbado publico de vapor de sodio de 150w Tipo EVBX
- Poste de hormigon de 9m x 350 kg
-  Pozo de revision de hormigon simple de 0.50 x 0.50 x 0.50 m.

-  Caja de conexiones Tipo OEC
-  Salida para motor 3Ø a prueba de explosion.
-  Panel de disyuntores enchufables monofasicos
-  Panel de disyuntores 3Ø
-  Tablero general de distribucion
-  Disyuntor termomagnetico
-  Varilla de puesta a tierra
-  tomacorriente Tipo CES
-  Interruptor Tipo EDSC

### NOTAS

- ① Ver detalle 4
- ② Ver detalle 5
- ③ Ver detalle 2
- ④ Ver detalle 3
- ⑤ Ver detalle 1

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En vista que no existe en nuestro medio una reglamentación para instalaciones eléctricas en lugares peligrosos, adecuada y suficientemente difundida entre el medio de ingenieros de proyectos, las clasificaciones y los requerimientos que se dan en este trabajo pueden ser una base sólida para el establecimiento de dicha reglamentación, y mientras tanto, podría ser una guía para resolver los posibles problemas para la determinación de áreas peligrosas.
2. La adecuada selección y aplicación de los diferentes equipos en instalaciones eléctricas en lugares peligrosos, es un punto de vital importancia, tanto para la seguridad de los equipos como para del personal que lo opera.

Esta elección dependerá básicamente de una buena clasificación de las áreas; por lo que se concluye que, para lograr esto, primeramente se debe dividir a la planta o industria en áreas de estudio, luego determinar la función que se realizará en cada una de las



áreas y finalmente se aplicará los criterios dados en este trabajo, tanto para clasificar las áreas peligrosas y sus divisiones, así como para fijar las extensiones de las mismas.

3. En algunos casos podría disminuirse el peligro por medio de una adecuada construcción de los edificios; cuyo objetivo sería tener una adecuada ventilación, la misma que puede ser natural o forzada. Esto daría como resultado un costo menor de las instalaciones.
4. Se recomienda tener mucho cuidado al instalar determinado equipo ya que no necesariamente un equipo aprobado para una área peligrosa, podrá ser utilizado en otra área a no ser que lo indique el fabricante.
5. Se recomienda a los diseñadores o constructores eléctricos analizar todos los posibles peligros, sea al elegir o instalar los equipos, lo cual significa un costo mayor de las instalaciones; pero esto se justifica ya que se tendrá una mayor seguridad, con lo cual se estará protegiendo vidas, bienes y producción.
6. Finalmente se recomienda a las instituciones o personas encargadas de aprobar determinado diseño o instalaciones en áreas peligrosas, que las reglas y crite-



rios dados en este trabajo les puede ser útiles para dar o no su aprobación.

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

1. Code Digest: Articles 500-503 and 510-517 of the National Electric Code With producto suggestions for use in Hazardous Areas, 1981. pp.-180.
2. API TP 500 A Thir Edition: Recomend Practice For Classification of Areas For Electrical Installations; In Petroleum Refereneries. 1974, pp. 5.15.
3. Código Eléctrico Nacional 1983, pp. 321-383
4. International Electrotechnical Comisión (IEC STANDARD). Publicación 79-1A, pp. 5-13, 79-4, pp. 5-13, 79-2, pp. 5-13. 1975.
5. Normas de Seguridad: Gas del Estado de Argentina Para Terminales y Plantas de Envasado de GLP. pp. 14-28.
6. Seminario: Instalaciones Eléctricas en Areas Peligrosas Ing. Juan Gallo. 1986, pp. 1-21.
6. Tesis. Normas de puesta a tierra. J.Gómez (Tesis

de Ingeniería Eléctrica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1975). pp. 49-51 y 55 - 56.

7. Tesis: Proyecto de Normas para Protección de Motores y circuitos. J. Stomayor (Tesis de Ingeniería Eléctrica, Escuela superior Politécnica del Litoral, 1975) pp. 153-157.
8. Disposiciones sobre Puestas a Tierra y Puentes de Unión en Instalaciones en Areas Peligrosas; Normas Venezolanas, Norven 552-571.
9. Instalaciones Eléctricas Industriales. Pedro Camarena.
10. Manual de Mantenimiento Eléctrico Industrial. Pedro Camarena. 194., pp. 53-63; 95 - 109. México. C.E. S.A.
11. BP Engineering Practice Sección 17: Electrical System And Instalation. 1971. pp. 1-9.
12. Desine and construction guidelines for electrical systems in hazardous locations Part 5: using nonexplosion proof motors. Part 6: Wiping requerements in Clase I areas. 1975. pp. 65-67; pp. 100-103.