



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS” ZACATENCO**

**“MANUAL PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA LÍNEA  
PRODUCTORA DE AEROSOLAS CON ÁREAS CLASIFICADAS DE CLASE 1”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTAN**

**JORGE GONZALEZ LOPEZ  
RUBEN JESUS RANGEL PEREZ**

**ASESORES**

**ING. BULMARO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ  
LIC. BLANCA MARINA FERREGRINO LEYVA**



**CIUDAD DE MÉXICO, ABRIL DE 2023**

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LÓPEZ MATEOS"**

**T E M A   D E   T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL  
DEBERÁ (N) DESARROLLAR C. JORGE GONZALEZ LOPEZ  
C. RUBEN JESUS RANGEL PEREZ

**"MANUAL PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA LÍNEA  
PRODUCTORA DE AEROSOLAS CON ÁREAS CLASIFICADAS DE CLASE 1"**

DISEÑAR UN MANUAL QUE CONTIENE LOS LINEAMIENTOS TÉCNICOS QUE SE DEBEN CUMPLIR CON LA CONSTRUCCIÓN ELÉCTRICA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE AEROSOLAS CON ÁREAS CLASIFICADAS, POR EL TIPO DE MATERIAL Y EL TIPO DE MANUFACTURA QUE SE PUEDE OCUPAR, ESTAS PUEDEN SER ALTAMENTE EXPLOSIVOS.

- ❖ GENERALIDADES.
- ❖ ÁREAS CLASIFICADAS
- ❖ PASOS PARA CLASIFICAR UN ÁREA Y SELECCIONAR SU EQUIPO ELÉCTRICO
- ❖ APLICACIÓN DEL MANUAL PARA UN ÁREA CLASIFICADA.
- ❖ ASPECTOS ECONÓMICOS

CIUDAD DE MÉXICO, A 17 DE ABRIL 2023.

**A S E S O R E S**

  
ING. BULMARO SANCHEZ HERNÁNDEZ

  
LIC. BLANCA MARINA GRINO LEYVA

  
M. EN C. TELÉSFORO TRUJILLO  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA JEFATURA DE  
INGENIERIA ELECTRICA



**Autorización de uso de obra**

**Instituto Politécnico Nacional**

**Presente**

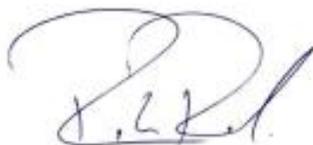
Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **JORGE GONZALEZ LOPEZ y RUBEN JESUS RANGEL PEREZ**, manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada "**MANUAL PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA LÍNEA PRODUCTORA DE AEROSOLES CON ÁREAS CLASIFICADAS DE CLASE 1**" en adelante "**La Tesis**" y de la cual se adjunta copia, en un impreso y un disco, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgo al **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**, en adelante "**EI IPN**", autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; para apoyar futuros trabajos relacionados con el tema de "**La Tesis**" por un periodo de **10 años** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **EI IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **EI IPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de "**La Tesis**".

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de "**La Tesis**", manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de "**La Tesis**", por lo que deslindo de toda responsabilidad a **EI IPN** en caso de que el contenido de "**La Tesis**" o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México., a 14 de Junio de 2023.

**Atentamente,**



**Ruben Jesus Rangel Perez**



**Jorge Gonzalez Lopez**

## INDICE

<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN. ....</b>	<b>10</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos. ....	12
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....</b>	<b>14</b>
1.1 Instalaciones eléctricas.....	15
<b>1.1.1 Elementos de una instalación eléctrica.....</b>	<b>15</b>
1.2 Tipos de instalaciones eléctricas .....	15
<b>1.2.1 Según su nivel de tensión: .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Según el tipo de lugar donde se encuentren                 ubicadas .....</b>	<b>16</b>
1.3 La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas(Utilización). ....	16
1.4 Los aerosoles. ....	18
<b>1.4.1 Orígenes del aerosol.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.2 Tipos de aerosoles .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.3 El uso de aerosoles.....</b>	<b>19</b>
1.5 El material combustible en aerosoles.....	20
<b>1.5.1 El triángulo de fuego.....</b>	<b>21</b>
<b>1.5.2 Límite inferior de explosividad.....</b>	<b>22</b>
<b>1.5.3 Precaución en fuentes de calor.....</b>	<b>23</b>
1.6 Fuentes de ignición.....	24
<b>1.6.1 Eléctrica .....</b>	<b>24</b>
<b>1.6.2 Energía estática .....</b>	<b>25</b>
<b>1.6.3 Superficies calientes.....</b>	<b>25</b>
<b>1.6.4 Trabajos en caliente: Chispas y llamas abiertas ...</b>	<b>26</b>
<b>1.6.5 Fumar. ....</b>	<b>26</b>
<b>1.6.6 Incendiarismo. ....</b>	<b>27</b>
<b>1.6.7 Ignición espontánea.....</b>	<b>28</b>

<b>CAPÍTULO II. ÁREAS CLASIFICADAS.....</b>	<b>30</b>
2.1 Área Clasificada.....	31
<b>2.1.1 Clasificación de áreas con peligro de explosión...</b>	<b>31</b>
2.2 Áreas de riesgo.....	32
<b>2.2.1 Clase.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.2 División. ....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.2.1 Clase I, División 1.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.2.2 Clase I, División 2.....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.2.3 Clase II, División 1.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.2.4 Clase II, División 2.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.3 Grupos de materiales.....</b>	<b>36</b>
2.3 Clasificación de las áreas de riesgo.....	37
2.4 Razones para clasificar un área peligrosa .....	38
2.5 Clasificación de un área.....	39
2.6 Técnicas de Protección .....	39
2.7 Equipos a prueba de explosión.....	41
2.8 Grado de protección de equipos.....	41
<b>2.8.1 IP (Ingress Protection) .....</b>	<b>41</b>
<b>2.8.2 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) .....</b>	<b>42</b>
2.9 Técnicas de protección .....	44
<b>2.9.1 Filosofías de protección .....</b>	<b>45</b>
<b>2.9.2 Métodos de protección .....</b>	<b>46</b>
<b>CAPITULO III. PASOS PARA CLASIFICAR UN ÁREA Y SELECCIONAR SU EQUIPO ELÉCTRICO .....</b>	<b>48</b>
3.1 Identificación de los materiales explosivos o inflamables....	49
3.2 Situaciones para realizar una clasificación de área.....	50
3.3 Selección de la clase .....	51
3.4 Selección de la división.....	51
3.5 Selección del Grupo de los materiales.....	52
3.6 Selección de la Zona .....	54
3.7 Marcado del equipo .....	56
3.8. Selección de las distancias de seguridad recomendadas ..	57

<b>CAPITULO IV. APLICACIÓN DEL MANUAL PARA UN ÁREA CLAFICADA.</b> .....	59
4.0. Introducción.....	60
4.1 Composición del desodorante en aerosol .....	60
4.2 Situaciones donde se pueden producir atmosferas explosivas.....	61
4.3 Selección de la Clase para la línea productora de aerosoles. ....	62
4.4 Selección de la división para la Clase I.....	62
<b>4.4.1 Clase I, división 1</b> .....	62
<b>4.4.2 Clase I, división 2.</b> .....	63
4.5 Identificación de la División en cada etapa del proceso de la línea de producción .....	64
<b>4.5.1 Mesa de acumulación de latas vacías</b> .....	64
<b>4.5.2 Máquina de llenado de etanol con fragancia.....</b>	65
<b>4.5.3 Máquina de inserción de válvulas.....</b>	66
<b>4.5.4 Máquina engarzadora.....</b>	67
<b>4.5.5 Máquina de llenado de Gas LP .....</b>	68
<b>4.5.6 Verificación de peso.....</b>	70
<b>4.5.7 Baño de prueba.....</b>	71
<b>4.5.8 Botonera y Tapadora.....</b>	73
<b>4.5.9 Empacadora.....</b>	74
4.6 Selección del Grupo para gases y vapores inflamables .....	75
4.7 Selección de Zonas para la clasificación de áreas clasificadas.....	76
4.8 Clasificación de Área de la línea de producción de aerosoles.....	77
4.9 Marcado del equipo eléctrico .....	80
4.10 .....	Selección del equipo eléctrico .....
ción del equipo eléctrico .....	83
4.11 Distancias de Seguridad recomendadas .....	95
4.12 Equipo de Seguridad Personal. ....	96
<b>CAPITULO V. ASPECTOS ECONÓMICOS.</b> .....	99
5.1 Estudio Económico.....	100
<b>5.1.1 Costo por mano de obra</b> .....	101

<b>5.1.2 Beneficios de la Instalación eléctrica a prueba de explosión.....</b>	<b>102</b>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>106</b>
<b>BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>120</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes básicos de un aerosol .....	20
Figura 2. Triangulo de fuego .....	22
Figura 3. Ejemplo de un área Clase I, Divisiones 1 y 2 .....	52
Figura 4. Mesa de inserción de las latas vacías.....	65
Figura 5. Mesa de inserción de las latas vacías.....	66
Figura 6. Llenado de latas vacías con la mezcla de etanol con fragancia.....	66
Figura 7. Sistema de ventilación. Extracción de gases dentro de gabinetes.....	66
Figura 8. Máquina de inserción de la válvula .....	67
Figura 9. Máquina engarzadora .....	68
Figura 10. Máquina de llenado de gas LP .....	69
Figura 11. Sala de gasificado por fuera de edificio de producción .....	70
Figura 12. Máquina de verificación de peso adecuado de la lata .....	71
Figura 13. Baño de prueba.....	72
Figura 14. Lata de desodorante defectuosa .....	72
Figura 15. Tapadora.....	73
Figura 16. Máquina empacadora.....	74
Figura 17. Proceso de producción de desodorantes en aerosol.....	75
Figura 18. Marcado del equipo a prueba de explosión.....	77
Figura 19. Canalización Cédula 40 .....	81
Figura 20. Cople Flexible a prueba de explosión.....	81
Figura 21. THWN (con cubierta de nylon) Calibre 12 AWG .....	82
Figura 22. Caja de conexiones a prueba de explosión.....	82
Figura 23. Condulet a prueba de explosión.....	82
Figura 24. Sellos eléctricos a prueba de explosión .....	83
Figura 25. Sellador con propiedades ignífugas .....	83
Figura 26. Especificaciones para un motor a prueba de explosión .....	84
Figura 27. Ejemplo de un motor a prueba de explosión .....	85
Figura 28. Luminaria industrial a prueba de explosión .....	86
Figura 29. Ejemplo de un sistema de puesta a tierra .....	88
Figura 30. Componentes de un sistema de puesta a tierra .....	89

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sustancia y límite de explosividad.....	22
Tabla 2. Combustible y color de humo que emite.....	28
Tabla 3. Sistema de clasificación IP .....	43
Tabla 4. Denominación del resto de estándares NEMA .....	44
Tabla 5. Listado de materiales y Grupo al que pertenecen .....	54
Tabla 6. Listado de materiales y Grupo al que pertenecen .....	54
Tabla 7. Clasificación de la temperatura superficial máxima .....	55
Tabla 8. Clasificación eléctrica de las áreas.....	88
Tabla 9. Comparativo de precios entre equipo y accesorios eléctricos comunes contra equipos especiales para área clasificada.....	100

## GLOSARIO DE TÉRMINOS.

**Acometida:** Se llama acometida en las instalaciones eléctricas a la parte de la red de distribución de la empresa suministradora que alimenta la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente. (M. A. Ochoa, 2008)

**Área clasificada:** Un área clasificada es aquella zona en la que puede formarse una atmósfera potencialmente explosiva. La clasificación expresa la probabilidad de existencia y magnitud de duración de una atmósfera explosiva en un área delimitada. (Salinas J. L., 2017)

**Área No clasificada:** Un área No clasificada es aquella zona alejada de formarse atmósferas explosivas, es por ello que no tienen una clasificación en particular. (Salinas J. L., 2017)

**Aparato a prueba de explosión:** Es un dispositivo que está compuesto de material altamente resistente que, bajo fuentes de ignición, puede soportar el exceso de presión interior y las altas temperaturas. (ET-048-PEMEX-2019)

**Autónomo:** Condición de quien, para ciertas cosas, no depende de nadie o que trabaja por cuenta propia. (M. A. Ochoa, 2008)

**Corriente de falla:** La corriente de falla a tierra, también conocida como corriente de fuga, siempre retornará a la fuente que la origina, ya sea a través del conductor de tierra o por cualquier otro medio que le ofrezca menor resistencia, incluyendo, claro está, un ser humano. Esta situación se presenta en instalaciones deterioradas y de poco mantenimiento, e inclusive, en instalaciones nuevas hechas con equipo de baja calidad, cuando una persona bajo cualquier circunstancia entra en contacto con las partes metálicas del equipo eléctrico que presente alguna falla de aislamiento, estando a su vez en un área húmeda. (M. A. Ochoa, 2008)

**Ebullición:** La ebullición es un proceso físico en el que un líquido pasa a estado gaseoso. En general ocurre cuando la temperatura de la totalidad del líquido iguala al punto de ebullición del líquido a esa presión. Si se continúa calentando el líquido, este absorbe el calor, pero sin aumentar la temperatura el calor se emplea en la conversión de la materia en estado líquido al estado gaseoso, hasta que la totalidad

de la masa pasa al estado gaseoso. (NOM-005-STPS-1998)

**Hidrocarburo:** Los Hidrocarburos son un grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos. (ET-048-PEMEX-2019)

**Incendio:** Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede afectar o abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos. La exposición de los seres vivos a un incendio puede producir daños muy graves hasta la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por desvanecimiento producido por la intoxicación y posteriormente quemaduras graves. (M. A. Ochoa, 2008)

**Inflamable:** Un material inflamable es algo que puede arder (es decir, arder) en el aire. Un material combustible es inflamable si se enciende fácilmente a temperatura ambiente. En otras palabras, un material combustible se enciende con algo de esfuerzo y un material inflamable se incendia inmediatamente al exponerse a la llama. (ET-048-PEMEX-2019)

**Manufactura:** Manufactura o fabricación es una fase de la producción económica de los bienes. El término puede referirse a un rango de actividad humana, desde la artesanía hasta la alta tecnología, pero se aplica más comúnmente a la producción industrial, que consiste en la transformación de materias primas en productos manufacturados, productos elaborados o productos terminados para su distribución y consumo a gran escala. (Salinas J. L., 2017)

**Normativa:** La normativa es un conjunto de leyes o reglamentos que rigen conductas y procedimientos según los criterios y lineamientos de una institución u organización privada o estatal. La normatividad es un conjunto de normativas que suelen plasmarse formal o informalmente por escrito. En este sentido, se incluyen los derechos, obligaciones y sanciones según los criterios morales y éticos de la institución que la rige. (M. A. Ochoa, 2008)

**Partículas en suspensión:** Son todas las partículas microscópicas sólidas y líquidas, de origen humano o natural, que quedan suspendidas en el aire durante

un tiempo determinado. Dichas partículas tienen un tamaño, composición y origen muy variables y muchas de ellas son perjudiciales. (ET-048-PEMEX-2019)

**Propelente:** El propelente de aerosol es un gas que contiene finamente atomizado un líquido. (Salinas J. L., 2017)

**Punto de ignición:** Se denomina Punto de Ignición a la temperatura mínima necesaria para que los vapores generados por un combustible comience a arder. (ET-048-PEMEX-2019)

**Sellado Hermético:** El sellado hermético es una variación de este proceso de unión. Da como resultado un paquete cerrado, completamente sellado contra la atmósfera ambiente, de forma que se impida la entrada o la salida del aire. El proceso se utiliza sobre todo en la fabricación de dispositivos electrónicos. El diseño y el ajuste de piezas son esenciales en estas aplicaciones para generar sellados herméticos. (M. A. Ochoa, 2008)

**Sobrecorriente:** Es una situación en la que una intensidad de corriente eléctrica mayor a la prevista pasa a través de un conductor, lo cual causa una generación excesiva de calor (por el efecto Joule), y por tanto, riesgo de incendio o daños al equipo. (Salinas J. L., 2017)

**Sobretensión:** La sobretensión es un aumento, por encima de los valores establecidos como máximos, de la tensión eléctrica entre dos puntos de un circuito o instalación eléctrica. En la mayoría de los casos, pueden causar graves problemas a los equipos conectados a la línea, desde su envejecimiento prematuro hasta incendios o destrucción de estos. (M. A. Ochoa, 2008)

**Subestación:** Una subestación eléctrica es una instalación destinada a establecer los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador. Normalmente está dividida en secciones, por lo general tres principales (medición, cuchillas de paso e interruptor), y las demás son derivadas. Las secciones derivadas normalmente llevan interruptores de varios tipos hacia los transformadores. (M. A. Ochoa, 2008)

## **INTRODUCCIÓN.**

Debido a diversas medidas que se deben tomar en cuenta para realizar una instalación eléctrica en empresas de desodorantes en aerosol, debe haber áreas denominadas como “clasificadas” por su alto riesgo de explosión, esto por el tipo de materiales inflamables que se usan para la elaboración de dichos productos. Esto permite establecer un Manual para aquellas personas interesadas en cómo llevar a cabo el desarrollo de este tipo de instalaciones eléctricas especiales.

Para realizar el diseño de una instalación para áreas clasificadas será necesario recurrir a lineamientos específicos que, dependiendo el tipo de material peligroso y su nivel de exposición, van a determinar el tipo de equipos y accesorios a instalar, así como las medidas de seguridad a tomar al momento de realizar una instalación eléctrica en un área clasificada.

Se deberán seguir una serie de pasos, iniciando con los procedimientos determinar el material peligroso y por qué es peligroso, con ayuda de normativa tanto nacional como internacional para áreas peligrosas, se tendrán los lineamientos que se seguirán para conseguir satisfactoriamente la extensión del área clasificada.

Con esto, se podrá determinar el tipo de equipos y accesorios a utilizar, de igual forma, se podrán hacer recomendaciones en términos de seguridad personal que operen este tipo de instalaciones, como equipo de protección personal especial, procedimientos y buenas técnicas.

Debe ser primordial que el equipo eléctrico que se requiera sea el adecuado, esté correctamente instalado y que se realice un buen mantenimiento para proteger, no solo a las instalaciones de la planta, sino también al personal de trabajo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En México, la industria manufacturera crece día tras día, existiendo diferentes tipos de procesos que incluyen diversos materiales o elementos que pueden resultar peligrosos por su alta tendencia a explotar al mezclarse con oxígeno y una fuente de calor. Los lugares que llevan a cabo este tipo de procesos son conocidos como: “Áreas clasificadas”.

El uso de materiales que resultan altamente explosivos obliga a la aplicación de una instalación eléctrica segura. Para realizar el diseño de esta instalación será necesario recurrir a diferentes normas que, dependiendo el tipo de material peligroso y su nivel de exposición, van a determinar el tipo de equipos y accesorios a instalar, así como las medidas de seguridad a tomar al momento de realizar una instalación eléctrica en un área clasificada.

Una instalación con la clasificación de áreas con peligro de explosión, que sea técnicamente deficiente y no cumpla con la normatividad nacional vigente, puede ocasionar una catástrofe en caso de haber una fuga o un mal manejo de un material explosivo o inflamable.

Debido a la exigencia de maquinaria especial para el control de las plantas manufactureras, en lo que se refiere a los instrumentos necesarios, el conocer la clasificación de áreas es fundamental para la correcta ejecución de los métodos de protección de una instalación eléctrica.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general.**

Diseñar un manual que contiene los lineamientos técnicos que se deben cumplir para la construcción eléctrica de una línea de producción de aerosoles con áreas clasificadas, por el tipo de material y el tipo de manufactura que se puede ocupar, estos pueden ser altamente explosivos.

### **Objetivos específicos.**

- 1) Explicar las propiedades básicas de los materiales inflamables y combustibles, así como el comportamiento de los gases, vapores, polvos y líquidos inflamables y/o combustibles.
- 2) Determinar la exposición a la que se encuentra la planta de aerosoles con áreas clasificadas en caso de existir un riesgo por falla en la instalación eléctrica.
- 3) Definir los requerimientos técnicos eléctricos que se deben considerar en la instalación para una empresa de fabricación de aerosoles.

## JUSTIFICACIÓN

En un proceso industrial se almacenan y se transportan materiales de tipo inflamable. Estos materiales pueden ser tales como los gases, vapores, polvos o combustibles. Siendo materiales denominados altamente peligrosos, al mezclarse con el aire en concentraciones apropiadas, generan un ambiente con peligro de explosión o “altamente explosivo”, y en contacto con una fuente de energía, eléctrica o térmica, se corre el riesgo de producir una detonación.

Prevenir la salud y la vida de los empleados en una planta de áreas clasificadas es de primera importancia cuando se habla del trabajo de las personas en zonas con peligro de explosión, por lo que a los lineamientos de un Manual para áreas clasificadas se les debe dar el seguimiento pertinente, si se cumple la normatividad vigente, puede prevenir que el personal de trabajo pase por un percance.

Lamentablemente se tienen abundantes situaciones de explosiones en ambientes peligrosos, con pérdida de vidas humanas.

Por dicho motivo se realiza este manual que ayuda a identificar los riesgos que se crean cuando no se tiene el uso correcto, no se contemplan las prevenciones adecuadas y no se emplean los materiales recomendados por los fabricantes con la finalidad de prevenir desastres por un mal uso de los materiales.

# **CAPÍTULO I.**

## **Generalidades.**

## **1.1 Instalaciones eléctricas**

Las instalaciones eléctricas representan una parte fundamental del día a día de las personas, estas están compuestas por un conjunto de componentes, equipos y materiales utilizados con el fin de modificar los parámetros de la energía eléctrica, al unir una fuente de alimentación con una carga en condiciones de seguridad, funcionamiento satisfactorio y uso previsto.

### **1.1.1 Elementos de una instalación eléctrica**

- Acometida y equipo de medición de la compañía suministradora.
- Subestación.
- Transformador media tensión – baja tensión.
- Tablero general de distribución en baja tensión.
- Protección contra sobrecorriente.
- Protección contra sobretensión.
- Alimentadores.
- Tableros de alumbrado o de subdistribución.
- Circuitos derivados.
- Cargas.
- Red de tierras, puesta a tierra de equipos.
- Planta de emergencia y sistemas no interrumpibles (UPS).
- Equipo de transferencia.
- Cables.
- Ductos, tuberías, cajas, registros, soportes tipo charola.

## **1.2 Tipos de instalaciones eléctricas**

Las instalaciones eléctricas se podrán clasificar:

**1.2.1 Según su nivel de tensión:** Según la NMX-J-098-ANCE-2021, los niveles de tensión se clasifican de la siguiente forma:

- Baja tensión: de 100 V a 1000 V.
- Media tensión: de 1001 V hasta 34500
- Alta tensión: Subtransmisión: de 34501 V a 230000 V
- Extra alta tensión: 230001 V a 400000 V

### 1.2.2 Según el tipo de lugar donde se encuentren ubicadas: Según la Universidad de Salamanca (2017):

- **Instalaciones normales:** pueden estar ubicadas en interiores o exteriores. Si se encuentran a la intemperie, deben tener los elementos requeridos para prevenir posible entrada de agua o animales.
- **Instalaciones especiales:** se refiere a aquellas instalaciones que por estar localizadas en ambientes clasificados como peligrosos o de riesgo, en espacios con condiciones peligrosas presentan mayor probabilidad de peligro que una instalación normal, por lo que requiere una serie de medidas especiales que mitiguen o eliminen tales riesgos. Este tipo de instalaciones también son llamadas “a prueba de explosión”, se construyen en lugares donde existen polvos, fibras o gases explosivos, así como partículas en el aire que puedan causar un incendio. Tales como, gasolineras, plantas petroquímicas o plantas que trabajen con aerosoles.

### 1.3 La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización).

La NOM-001-SEDE-2012 es una Norma Oficial Mexicana que tiene como objetivo establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Descargas eléctricas
- Efectos térmicos
- Sobrecorrientes
- Corrientes de falla

- Sobretensiones

### **1.3.1 Campo de aplicación de la NOM-001-SEDE-2012**

Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en:

- Propiedades industriales, comerciales, de vivienda, cualquiera que sea su uso, públicas o privadas, y en cualquiera de los niveles de tensión de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.
- Casas móviles, vehículos de recreo, construcciones flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres, lugares de reunión, lugares de atención a la salud, construcciones agrícolas, marinas y muelles.
- Todas las instalaciones del usuario situadas fuera de edificios.
- Alambrado fijo para telecomunicaciones, señalización, control y similares (excluyendo el alambrado interno de aparatos).
- Las ampliaciones o modificaciones a las instalaciones, así como a las partes de instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones. Los equipos eléctricos sólo están considerados respecto a su selección y aplicación para la instalación correspondiente.

La NOM-001-SEDE-2012 no se aplica en:

- Instalaciones eléctricas en embarcaciones.
- Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.
- Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico en lo relativo a la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación de equipo rodante o de señalización y comunicación.
- Instalaciones eléctricas en áreas subterráneas de minas, así como en la

maquinaria móvil autopropulsada de minería superficial y el cable de alimentación de dicha maquinaria.

- Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones donde se localice.

#### **1.4 Los aerosoles.**

Un aerosol es un conjunto de partículas microscópicas, sólidas o líquidas, que se encuentran en suspensión en un gas.

En el contexto de la contaminación del aire, un aerosol se refiere a materia particular fina, de tamaño mayor que una molécula pero lo suficientemente pequeña como para permanecer en suspensión en la atmósfera durante al menos unas horas.

El término aerosol también se emplea con frecuencia para referirse a un empaque o envase presurizado, que consiste en un contenedor (acero, aluminio, vidrio o plástico) con una válvula despachadora fijada de manera permanente. Está diseñado para liberar un chorro fino de materiales como antitranspirantes, desodorantes, etc. Contiene una mezcla de productos y propulsores, tales como sprays, chorros, geles, espumas, lociones o gases (Morris, 2001).

##### **1.4.1 Orígenes del aerosol.**

Por primera vez este término es utilizado probablemente ya a finales del siglo XVIII, en la época de la ilustración y la primera investigación seria de la naturaleza del Aerosol, como tal, fue patentado por primera vez en Oslo, en 1926, seguido por el estadounidense Julian Kahn en 1939. Estos aerosoles, sin embargo, eran muy primitivos y no tenían nada que ver con los sprays modernos. El precursor de la moderna lata de aerosol se convirtió la invención de los americanos Goddhuea y Sullivan. Fue patentado en 1943 y fue formado por la problemática de los eventos históricos. La principal motivación para el diseño y uso generalizado de los aerosoles ha sido la necesidad de proteger a los soldados americanos en el Pacífico antes de los bombardeos de mosquitos tropicales.

#### **1.4.2 Tipos de aerosoles.**

Aerosoles clásicos, propulsados por gas en la actualidad han retrocedido un poco en relación con la amenaza hacia la capa de ozono. Sin embargo, todavía se utilizan principalmente en la industria. En la cosmética se sustituyen por bomba manual y una variedad de aplicadores de espuma y gel. Un aerosol clásico es formado de un depósito de metal, una válvula, un aplicador y una tapa, el contenido de la sustancia activa y el gas propulsor comprimido. La válvula mantiene el contenido del recipiente bajo presión en el entorno hermético y regula la cantidad de relleno, cuando se aplica. El aplicador o dispensador afecta el tamaño de las partículas líquidas o sólidas liberadas, la forma de la aplicación de la columna y su impacto en la superficie. La selección de aplicador depende del tipo de relleno y el uso del producto. A veces, el aplicador sirve también como la tapa del producto, entonces estamos hablando de los llamados spraycap.

#### **1.4.3 El uso de aerosoles.**

La ventaja del aerosol es una dosificación conveniente y exacta sin el riesgo de derramar el recipiente. El recipiente está sellado herméticamente, por lo tanto, se garantiza una durabilidad a largo plazo de la carga y la imposibilidad de la contaminación durante el uso. Algunos de los envases son reciclables y se pueden poner en contenedores especializados.

Los aerosoles, aparte de las técnicas, utilizamos abundantemente sobre todo en cosméticos tales como aerosoles para el cabello, desodorantes, espuma endurecedora, aerosoles y espumas para tomar el sol, y otros. A esta área está relacionada con el uso original de los aerosoles como preparados contra insectos. Los siguientes son los aerosoles utilizados en el sector de salud tales como desinfección, productos anestésicos, inhaladores, etcétera. Productos para el hogar en envases de aerosol son ambientadores, limpiadores, pinturas y barnices, etcétera. (KOH-I-NOOR Mladá Vožice, 2014).

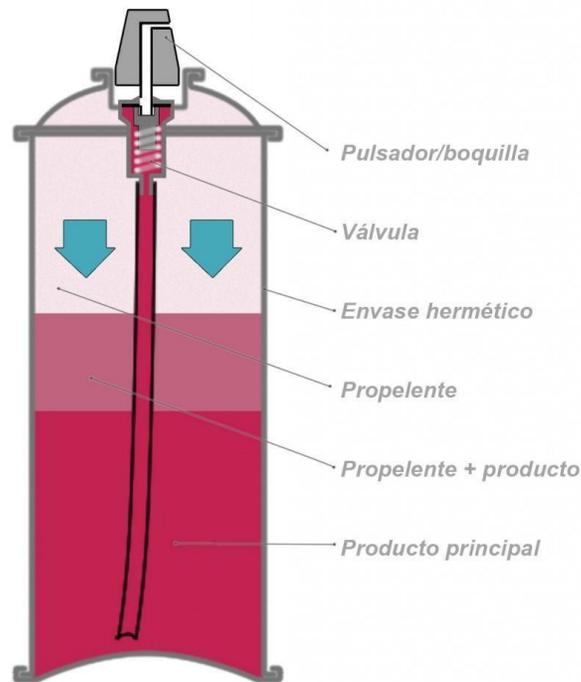


Figura 1. Componentes básicos de un aerosol. [Fuente: Blog: Químico-básicos]

### 1.5 El material combustible en aerosoles.

Los hidrocarburos utilizados como propelentes para aerosol (propano, isobutano y butano) son gases inflamables y aparecen en las listas oficiales de sustancias químicas peligrosas, por su elevado nivel de riesgo de incendio y explosividad.

La definición de gas inflamable se establece en el Sistema Internacional para la Clasificación de Materiales Peligrosos de las Naciones Unidas, el cual indica que se trata de cualquier material que se encuentra en estado gaseoso en condiciones atmosféricas (14.7 psi y 20°C), con un punto de ebullición igual o menor a 20°C y con un límite menor de inflamabilidad (LEL) del 12% en aire o menos.

El propelente hidrocarburo (PHC) es un gas en condiciones ambientales con una temperatura menor a 0°C y forma mezclas inflamables con el aire a partir del 1.8% en volumen.

La Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010 Condiciones de Seguridad-Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo, clasifica al propano y butano como gases inflamables. (Nolasco, 2015)

Los gases licuados del petróleo tienen un alto poder calorífico, por lo que además de ser un buen propelente son un excelente combustible. El calor producido en la combustión de propano es de 19,918 BTU/lb (46.3 KJ/g).

### 1.5.1 El triángulo de fuego.

Se necesitan tres cosas para ocasionar un incendio o una explosión:

**OXÍGENO:** (79% N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>).

**COMBUSTIBLE:** (PHC, DME, 152<sup>a</sup>, líquidos inflamables, etc.).

**CALOR:** (Fuentes de ignición: fuego directo, estática, chispas eléctricas, cigarrillos encendidos).

La planta envasadora de aerosoles que utiliza Gas propelente de Hidrocarburo de manera segura no deberá permitir que estas condiciones ocurran simultáneamente. El oxígeno siempre está presente en el aire, no lo podemos controlar; lo que sí podemos y debemos controlar es la presencia de fugas de gas y de fuentes de ignición. Si no existe una concentración suficiente de gas en el ambiente, ni fuentes cercanas de ignición es poco probable que ocurra un accidente por incendio o explosión. (Nolasco, 2015)

Cuando el propelente hidrocarburo se fuga de los recipientes sujetos a presión es muy peligroso, sin embargo, se requiere que esté presente en el aire a determinadas concentraciones conocidas como límites de explosividad. No puede causar daños cuando está demasiado diluido y cuando está muy concentrado tampoco puede prender por falta de oxígeno. Aunque esta condición resulta ya muy peligrosa.

El límite superior de explosividad del hidrocarburo en el aire UEL (Upper Explosive Limit) no tiene mucha importancia aquí. No se quiere llegar a tener demasiado gas en el ambiente. En la siguiente tabla se muestran los límites de explosividad del gas propelente de hidrocarburo.



Figura 2. El triángulo de fuego.

Tabla 1. Sustancia y límites de explosividad. [Fuente: [www.promam.es](http://www.promam.es)]

Sustancias límites de explosividad	
Propano	2.2% al 9.5%
Isobutano	1.8% a 8.4%
n-Butano	1.9% a 8.5%

### 1.5.2 Límite inferior de explosividad.

Es un valor de extrema importancia al representar el porcentaje mínimo en volumen de vapores de PHC presentes en el aire, los cuales son suficientes para causar una explosión. También se conocen como límites de inflamabilidad, pero este término aplica cuando los hidrocarburos se utilizan como gas combustible a presión y flujo regulado. Por ejemplo, en una estufa se forma una mezcla inflamable para producir un fuego controlado.

Ahora, la expansión de un litro de propano licuado produce 273.8 litros de gas @ 21°C a presión atmosférica. Este volumen de gas, diluido en aire, puede producir 12.445 litros de mezcla explosiva ( $273.8 \text{ L} / 0.022 = 12,445.45 \text{ L}$ ).

El DME requiere mayor concentración en el aire para llegar a su límite inferior de explosividad (3.3%). Sin embargo, mantiene un mayor intervalo de explosividad (18.0%). Esto explica su mayor nivel de riesgo de explosividad.

### 1.5.3 Precaución en fuentes de calor.

Los hidrocarburos requieren una temperatura de autoignición superior a los 405 °C. Cualquier fuego o chispa puede alcanzar esta temperatura, no importa si es ocasionada por un cerillo o un cigarro encendido, escapes de vehículos de combustión interna, arcos eléctricos de apagadores, motores, soldadura, estática, fricción, choque, etc. Simplemente la llama de un cerillo puede alcanzar una temperatura de 1650°C.

La Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998, Relativa a las Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo para el Almacenamiento, Manejo y Transporte de Sustancias Químicas Peligrosas, prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar calor, descarga estática, chispas, flama abierta o temperaturas que puedan provocar ignición. También prohíbe introducir dispositivos electrónicos que puedan generar radiofrecuencias en áreas explosivas.

Por lo que se debe evitar el uso de teléfonos celulares en las áreas donde se maneje gases o líquidos inflamables que puedan generar atmósferas explosivas (Nolasco, 2015).

La siguiente expresión resume la fórmula que puede destruir una planta de aerosoles:

Concentración de PHC + Fuente de ignición + O<sub>2</sub> = Incendio o explosión. El oxígeno está por todos lados como parte del aire que se respira y no se puede limitar. Como no se puede controlar la presencia del oxígeno es importante considerar las siguientes recomendaciones básicas para evitar un accidente con PHC:

- Evitar hasta la más mínima fuga o emisiones al ambiente de PHC para reducir el riesgo de formar mezclas explosivas con el aire.
- Una adecuada ventilación natural es la forma más económica, sencilla y segura para evitar concentraciones peligrosas de PHC.
- Evitar la presencia de cualquier fuente de ignición en donde se maneje PHC.

Obviamente, si no hubiera fugas de hidrocarburos, no existiría problema alguno. En una planta típica de aerosoles se hacen todos los esfuerzos para evitar una fuga, éstas representan una pérdida de dinero, además de un peligro.

Sin embargo, por mucho que se les dé mantenimiento a las tuberías y mangueras, éstas llegan a presentar fugas. Las válvulas desarrollan fugas a través del tiempo, aún en plantas con un mantenimiento periódico. Siempre hay algunos aerosoles con fuga que tienen válvulas defectuosas o que han sido dañados por el adaptador de la máquina de gasificación (Nolasco, 2015).

## **1.6 Fuentes de ignición.**

Usualmente, una fuente de ignición es la energía en forma de calor que hace que el combustible llegue a su temperatura de ignición. Aunque los incendios son inusuales en la mayoría de las ocupaciones, una fuente de ignición implica por lo general alguna circunstancia inusual de presente de otra forma. Las fuentes de ignición son clasificadas de acuerdo con el origen del calor involucrado.

### **1.6.1 Eléctrica.**

La energía eléctrica produce calor cuando la corriente eléctrica fluye a través de un conductor o salta un espacio de aire. El calor producido es proporcional a la resistencia y al cuadrado de la corriente. Calor excesivo, suficiente para iniciar un incendio, puede ser producido por: una corriente alta, una resistencia alta o una falla en la refrigeración o en la normal eliminación del calor.

Cuando la corriente eléctrica salta un espacio de aire la resistencia es tan alta que incluso una pequeña corriente produce una cantidad significativa de energía. Fuertes corrientes de arco a través de espacios de aire pueden fundir el metal que a su vez puede provocar incendios. (Bit Perfect Solutions, 2014).

En cualquier equipo eléctrico que tiene un control térmico, pegando o fusionando los puntos de contacto resultaría en el sobrecalentamiento del dispositivo. (Bit Perfect Solutions, 2014).

### **1.6.2 Energía estática.**

La electricidad estática, algunas veces llamada también electricidad por fricción, corresponde a una acumulación de carga eléctrica en la superficie de dos materiales que se han unido y separado después. Las superficies se cargan entonces positiva y negativamente. Si estas sustancias no estuvieran conectadas o puestas a tierra podrían asimilar suficiente carga eléctrica para producir una chispa. Los arcos estáticos tienen generalmente muy corta duración y no producen suficiente calor para causar la ignición de materiales combustibles ordinarios tales como el papel. Algunos otros; sin embargo, son capaces de causar la ignición de gases o vapores inflamables o nubes de polvos combustibles. Un combustible que fluya por el interior de una tubería puede generar suficiente electricidad estática, cuya energía puede causar la ignición de un vapor inflamable. (Bit Perfect Solutions, 2014).

### **1.6.3 Superficies calientes.**

Un material combustible o inflamable puede ser encendido por contacto con o por calor radiante de una superficie calentada por medios distintos a la energía eléctrica. Estas superficies calientes son mayormente producidas por:

1. La fricción puede ser causado por cojinetes lubricados incorrectamente, partes de máquinas rotas o mal alineadas, atascamiento de materiales y un mal ajuste de transportadores o unidades de la máquina. El calentamiento por fricción puede causar que partes no combustibles se calienten y enciendan materiales combustibles cercanos.
2. Los equipos de calefacción ubicados muy cerca de construcciones o almacenamiento de combustibles pueden resultar en un incendio. El topeo fondo de un horno o calentador o una tubería de vapor expuesta puede encender materiales combustibles que estén en contacto con la superficie caliente o donde haya falta de aislamiento o la circulación de aire es adecuada.
3. Sustancias fundidas como el metal o el vidrio que se escapan de un horno o

contenedor puede encender cualquier material combustible que se ubique en los alrededores (Bit Perfect Solutions, 2014).

#### **1.6.4 Trabajos en caliente: Chispas y llamas abiertas.**

Las llamas abiertas pueden ser fijas o portátiles. Las llamas fijas, como las de los hornos, calderas, termas y termos, podrían encender fluidos de combustibles como vapores o gases inflamables. Las llamas portátiles, como quemadores, sopletes, pueden encender cualquier material combustible que se encuentre en cualquier lugar de un edificio. Las chispas calientes o partículas fundidas por corte o soldadura o de operaciones mecánicas como triturado son fuentes de ignición comunes. Los metales que se introducen en maquinaria textil o maquinaria de procesamiento de grano pueden generar chispas calientes que pueden encender pelusa, polvillo u otro material fácilmente inflamable. (Bit Perfect Solutions, 2014).

#### **1.6.5 Fumar.**

Fumar es una de las principales causas de incendio. Esta conclusión es usualmente determinada por un proceso de eliminación. La evidencia directa que pruebe que un cigarrillo o un puro fue específicamente la causa de un incendio (fuente de ignición) es raramente hallada. Se han realizados estudios sobre los mecanismos por los cuales los puros y los cigarrillos pueden iniciar un incendio. La temperatura de una colilla de cigarro varía entre 290° y 760° C (550° a 1400°F). Las conclusiones del estudio fueron:

1. Los puros y los cigarrillos inician incendios en combustibles sólidos (excepto explosivos y otros químicos altamente inflamables) iniciando con la combustión incandescente (como la del carbón). Por ello, para que un sólido sea encendido por un cigarrillo debe soportar una combustión sin llamas. Estos materiales son esencialmente de origen celulósico como el papel, tela, fibras textiles y vegetación seca. Los materiales que se funden cuando son calentados como el caucho, plástico y la mayoría de las fibras sintéticas no pueden sostener una combustión sin llamas probablemente porque el calor

recibido es absorbido como calor de fusión durante el proceso de fusión.

2. Las condiciones que favorecen la ignición incluyen un buen suministro de un combustible compacto finamente disperso y una buena fuente de aire para promover la combustión con llamas.
3. Los gases y vapores inflamables son difíciles de encender con un puro o cigarro, pero no es imposible.
4. Los cigarrillos son una fuente de ignición poco creíble pero su amplio consumo y desapropiado manejo los hacen una de las principales causas de incendio. Por supuesto, las llamas de un fósforo o de un encendedor son mucho más fuertes y propensas a ser una fuente de ignición (Bit Perfect Solutions, 2014).

#### **1.6.6 Incendiarismo.**

Un fuego incendiario a menudo está caracterizado por un intento consciente para asegurar que el fuego sea grave. Usualmente se usan líquidos inflamables o cisternas para ayudar a esparcir el fuego. Se usan fuentes de ignición fuertes, usualmente, con un mecanismo de sincronización como una vela o un reloj. Más de un incendio es frecuentemente iniciado al primer intento. Las protecciones contra incendios son desconectadas. En incendios accidentales, el azar juega un papel fundamental. En incendios intencionales, el azar es minimizado.

Los testigos de las primeras etapas del fuego normalmente pueden dar información útil respecto al material inicialmente afectado por el incendio. Si se sospecha del incendiarismo como causa del incendio, el tipo de humo o llamas observadas son a menudo de interés. El color del humo es usualmente el primer indicio para saber que combustible estuvo implicado en el incendio.

La ausencia de llamas o la presencia de llamas pequeñas indica ausencia de aire. La presencia de más llamas que humo indica el quemado de un combustible seco con buena ventilación. Llamas erráticas indican la presencia de gases mientras que las chispas en grandes cantidades indican que se está quemando sustancias pulverulentas. (Bit Perfect Solutions, 2014).

**Tabla 2. Combustible y color del humo que emite. [Fuente: <https://profuego.es/>]**

<b>Combustible</b>	<b>Color de humo</b>
Compuesto Heno/Vegetales	Blanco
Aceites de cocina	Marrón
Fósforos	Blanco
Nitrocelulosa	Amarillo parduzco – amarillo
Sulfuros	Amarillo parduzco – amarillo
Ácido sulfúrico, nítrico	Amarillo parduzco – amarillo
Pólvora	Amarillo parduzco – amarillo
Gas de cloro	Amarillo verdoso
Productos de petróleo	Negro
Madera	Gris – Marrón
Mayoría de plásticos	Negro
Papel	Gris – Marrón
Ropa	Gris – Marrón

### **1.6.7 Ignición espontánea.**

El calentamiento espontáneo puede ocurrir en muchos tipos de materiales incluyendo sólidos (astillas de madera, carbón, espuma de caucho, trapos, tableros de fibra y polvos metálicos) y líquidos (aceites vegetales y animales). Los materiales que se calientan espontáneamente aumentarán su temperatura sin tomar calor del ambiente que los rodea. La generación de calor se da a menudo por una o por la combinación de las siguientes reacciones exotérmicas (reacciones que liberan energía): oxidación (combinación química de un material con oxígeno), descomposición (el material se divide en sus elementos), polimerización (combinación de moléculas de bajo peso molecular en un solo compuesto de alto peso molecular) o por acción biológica (descomposición de bacterias). Estas reacciones a menudo ocurren normalmente (a bajas velocidades) sin acumulación de calor. El incremento de la temperatura del material se da cuando la pérdida de calor en los alrededores es reducida. Las condiciones que afectan al calentamiento

espontáneo son: la geometría del material, el área superficial disponible y el aislamiento del entorno circundante. Varios arreglos de las reacciones mencionadas y otras condiciones permitirán el desarrollo del calentamiento espontáneo y conducirán a la ignición del material produciendo combustión con o sin llamas.

En cultivos agrícolas, las bacterias pueden promover la oxidación y generación de calor. Esto se fomentaría por un alto porcentaje de humedad. Las bacterias tienden a morir a temperaturas entre 71°C y 80°F (160°C a 175°C); un calentamiento más allá de ese punto está usualmente asociado a la oxidación acompañada de una descomposición química.

Los siguientes materiales son los más asociados al calentamiento espontáneo:

1. Aceites animales y vegetales. Estos aceites contienen enlaces insaturados y tienen gran tendencia a oxidarse a bajas temperaturas. El mayor peligro se presenta si ellos impregnan trapos u otros absorbentes.
2. Productos agrícolas y animales. Estos pueden contener aceites animales o vegetales, o pueden estar sujetos a una oxidación de bacterias. Si son calentadas, o si ya están carbonizadas, la tendencia de oxidación se verá aumentada.
3. Virutas de madera
4. Hulla y Carbón
5. Productos de fibra. Estos productos son más peligrosos cuando se calientan y son almacenados antes de enfriarse, o cuando han sido impregnados o contaminados con aceites animales o vegetales.
6. Pintura y Ralladuras de Pintura. Las más peligrosas son las pinturas que no están completamente secas y contienen aceite de linaza o agentes de secado. Pinturas de alto brillo diseñadas para secarse en una temperatura normal contienen agentes de secado. (Bit Perfect Solutions, 2014).

# **CAPÍTULO II.**

**Áreas clasificadas.**

## **2.1 Área Clasificada**

Un área clasificada se define como una localización peligrosa que contiene en su ambiente la presencia de materiales combustibles, tales como gases, vapor, fibras o cualquier otro combustible o material inflamable finamente pulverizado en la atmósfera, donde una fuente de energía eléctrica o térmica suficientemente elevada puede causar una ignición. Dichos peligros pueden ocurrir durante el proceso de manufactura, mantenimientos, o en caso de algún deterioro de la instalación eléctrica común. Cualquiera que sea la causa para clasificar un área como peligrosa, es necesario tomar precauciones para protegerse contra la ignición.

La clasificación de un área de riesgo está definida por el tipo de material (tipo de combustible), el riesgo (peligrosidad del combustible) y los límites (distancias de presencia del combustible). (Salinas, 2017).

### **2.1.1 Clasificación de áreas con peligro de explosión.**

Debido a los requerimientos de automatización para el control de las plantas de producción en lo relativo a la instrumentación de campo, el conocimiento de la clasificación de áreas es básico para la correcta implementación de los métodos de protección.

En la mayoría de los procesos industriales (químicos, petroquímicos, petróleo y gas) se almacenan, producen y/o transportan sustancias peligrosas que, al mezclarse con el aire en concentraciones adecuadas, generan una atmósfera con peligro de explosión o “potencialmente explosiva”, y en presencia de una fuente de energía, térmica o eléctrica, se corre el riesgo de producir una ignición.

Las palabras ignición y explosión pueden ser adecuadamente empleadas para determinar que el producto de una mezcla ideal de gas-combustible en presencia de una fuente de ignición es lo suficientemente alta (ya sea esta eléctrica o térmica) que provoca este efecto. (Salinas, 2017).

## 2.2 Áreas de riesgo.

Un área de riesgo se define como una localización peligrosa y contiene (o probablemente puede contener) una concentración inflamable de gas, vapor o cualquier otro combustible donde una fuente de energía eléctrica o térmica lo suficientemente elevada puede causar una “ignición”.

La clasificación de un área de riesgo está definida por el tipo de material (tipo de combustible), el riesgo (peligrosidad del combustible) y los límites (distancias de presencia del combustible).

Para clasificar un área en una Planta, se toman en cuenta los siguientes factores:

- Clasificación de gas y temperatura de ignición, la cual define la naturaleza de la atmósfera explosiva.
- Clasificación de área, la cual indica la probabilidad que exista la atmósfera explosiva

Como es de suponer, los instrumentos de campo que van a ser utilizados en áreas con peligro de explosión deben ser diseñados y construidos para ser utilizados en este tipo de áreas, por lo que se clasifican de acuerdo con:

- Grupo de aparato: la máxima energía que puede producir
- Clasificación de Temperatura: la máxima temperatura superficial

Una vez definidos los aspectos de mayor relevancia, se puntualiza en los dos temas principales, como se clasifica un área y los principios básicos de los métodos de protección. (Salinas, 2017)

A su vez, las áreas clasificadas se dividen y se definen por:

- Clase: La forma del combustible
- División: La naturaleza del peligro
- Grupo: El gas representativo
- Clase de temperatura: La temperatura superficial

### **2.2.1 Clase.**

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, la forma como se presenta el combustible se divide en tres clases:

**2.2.1.1 Clase I:** Los lugares Clase I son aquellos en los que hay o puede haber en el aire gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles, en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables. (NOM-001-SEDE-2012. Art. 500-5b).

**2.2.1.2 Clase II:** Un lugar de Clase II es el que resulta peligroso por la presencia de polvos combustibles. (NOM-001-SEDE-2012. Art. 500-5c).

**2.2.1.3 Clase III:** Los lugares de Clase III son aquellos que resultan peligrosos por la presencia de fibras fácilmente inflamables o cuando se manipulan, fabrican o utilizan materiales que producen partículas combustibles, pero en el que no es probable que tales fibras/partículas estén en suspensión en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables. (NOM-001-SEDE-2012. Art. 500-5d).

### **2.2.2 División.**

La naturaleza del peligro se muestra en dos divisiones, las cuales de acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012, Artículo 500-5 son:

Para la clase 1:

#### **2.2.2.1 Clase I, División 1.**

Un lugar Clase I, División 1, es un lugar:

1. En el cual, en condiciones normales de funcionamiento, pueden existir concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles.
2. En el cual, debido a operaciones de reparación, mantenimiento o a fugas, frecuentemente pueden existir concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o líquidos combustibles por encima de sus

puntos de ignición.

3. En el cual la avería o funcionamiento defectuoso de equipos o procesos pueden liberar concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles y simultáneamente pueden causar una falla en el equipo eléctrico, de manera que provoque que el equipo eléctrico se convierta en la fuente de ignición.

#### **2.2.2.2 Clase I, División 2.**

Un lugar Clase I, División 2, es un lugar:

1. En el cual se manipulan, procesan o utilizan gases volátiles inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles, pero en el que los líquidos, vapores o gases estarán confinados normalmente en contenedores o sistemas cerrados, de los que pueden escapar sólo por rotura accidental o avería de dichos contenedores o sistemas, o si los equipos funcionan mal.
2. En el cual las concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles se evitan normalmente mediante la ventilación mecánica positiva y el cual podría convertirse en peligroso por la falla u operación anormal del equipo de ventilación
3. Que está adyacente a un lugar de la Clase I División 1, y al cual ocasionalmente se pueden comunicar concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles, por encima de sus puntos de ignición, a menos que dicha comunicación se evite mediante un sistema de ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio y que se proporcionen medidas de seguridad eficaces contra las posibles fallas de la ventilación.

Para la clase 2:

### **2.2.2.3 Clase II, División 1.**

1. Un lugar de Clase II, División 1 es un lugar: En el cual, en condiciones normales de operación hay polvo combustible en el aire, en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables.
2. En el que una falla mecánica o el funcionamiento anormal de la maquinaria o equipos pueden causar que se produzcan mezclas explosivas o inflamables y en el que, además, puede haber una fuente de ignición debido a la falla simultánea de los equipos eléctricos, la operación de los dispositivos de protección o por otras causas.
4. En el que puede haber polvos combustibles del grupo E, en cantidades suficientes para ser peligrosos.

### **2.2.2.4 Clase II, División 2.**

Un lugar de Clase II, División 2 es un lugar:

1. En el que puede haber polvo combustible en el aire en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables, debido a operaciones anormales.
2. En donde hay acumulación de polvo combustible, pero es insuficiente para interferir con la operación normal del equipo eléctrico u otros aparatos, pero puede haber polvo combustible en suspensión en el aire como resultado de un mal funcionamiento de los equipos de manipulación o de proceso.
3. En el que la acumulación de polvo combustible sobre, dentro o en la cercanía de los equipos eléctricos puede ser suficiente para interferir con la disipación segura del calor de dichos equipos, o puede ser inflamable por la operación anormal o fallada de los equipos eléctricos.

Para la clase 3:

**2.2.2.5 Clase III, División 1.** Un lugar de Clase III, División 1 es un lugar en el que se manipulan, fabrican o usan fibras/partículas fácilmente inflamables.

**2.2.2.6 Clase III, División 2.** Un lugar de Clase III, División 2 es un lugar en el que se almacenan o manipulan fibras/partículas fácilmente inflamables, en procesos diferentes de los de manufactura.

### **2.2.3 Grupos de materiales.**

Clasificación de grupos de la clase 1. Los grupos de Clase I deben estar de acuerdo con (A) a (D) siguientes:

- **Grupo A.** Acetileno.
- **Grupo B.** Gas inflamable, vapor producido por un líquido inflamable, o vapor producido por un líquido combustible mezclado con aire que puede arder o explotar, que posee, o un valor máximo de abertura de seguridad experimental (MESG) menor o igual a 0.45 milímetros, o una relación de corriente mínima de ignición (relación MIC) menor o igual a 0.40.
- **Grupo C.** Gas inflamable, vapor producido por un líquido inflamable, o vapor producido por un líquido combustible mezclado con aire que puede arder o explotar, que posee, o un valor máximo de abertura de seguridad experimental (MESG) mayor a 0.45 milímetros y menor o igual a 0.75 milímetros, o una relación de corriente mínima de ignición (relación MIC), mayor de 0.40 y menor o igual a 0.80.
- **Grupo D.** Gas inflamable, vapor producido por un líquido inflamable, o vapor producido por un líquido combustible mezclado con aire que puede arder o explotar, que posee, o un valor máximo de abertura de seguridad experimental (MESG) mayor a 0.75 milímetros, o una relación de corriente mínima de ignición (relación MIC) mayor a 0.80.

Clasificación de grupos en la Clase II. Los grupos de Clase II deben estar de acuerdo con los incisos (E) a (G) siguientes:

- **Grupo E.** Atmósferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo el aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales u otros.
- **Grupo F.** Atmósferas que contengan polvos carbonáceos combustibles que

tengan más del 8 por ciento total de partículas volátiles atrapadas, o que han sido sensibilizados por otros materiales, de manera que presentan peligro de explosión. Los polvos de carbón, negro de carbón, carbón vegetal y coque son ejemplos de polvos carbonáceos.

- **Grupo G.** Atmósferas que contengan polvos combustibles no incluidos en los Grupos E o F, incluidos: harina, cereales, madera, plástico y productos químicos.

Una vez definidas las condiciones que se presentan en las plantas, el siguiente paso es realizar los estudios para clasificar el área, considerando en principio las siguientes relaciones:

- La Clase I, cuyos Gases representativos son: A, B, C y D. (Clase definida para gases o vapores).
- La Clase II cuyos Grupos representativos son: E, F y G. (Clase definida para polvos)
- La Clase III, en este caso esta clase no cuenta con grupos (Clase definida para todo lo estante)

### **2.3 Clasificación de las áreas de riesgo.**

Una clasificación de área que puede ser encontrada en la mayoría de las aplicaciones en la industria es Clase I, División 1, Grupos C y D. por definición y límites, después de División 1, se clasificaría el área como Clase I, División 2, Grupos C y D. Bajo el mismo concepto, se encuentran estas definiciones en la NFPA70 o NEC.

Sin embargo, existe otras dos formas de clasificar áreas y estas formas están definidas en el estándar IEC de la serie 60079 y en la NOM-001-SEDE, artículo 505. En el caso de la IEC, la peligrosidad la define por el concepto de Zonas y la NOM adopta esta definición para la peligrosidad y se la adiciona a la Clase.

Por lo que, de acuerdo con la NOM, se tendrán los siguientes modos de clasificación:

- Clase I, Zona 0 – NOM-505-5b (1):

- mezcla explosiva existe continuamente o permanente.
- mezcla explosiva existe por largos periodos de tiempo-
- Clase I, Zona 1 – NOM-505-5b (2):
  - mezcla explosiva probablemente presente en operación normal.
  - mezcla explosiva comúnmente presente durante reparación, mantenimiento o fugas.
  - averías del equipo y área que es adyacente a Zona 0.
- Clase I, Zona 2 – NOM-505-5b (3)
  - mezcla explosiva improbablemente presente en operación normal.
  - mezcla explosiva existente por periodos de tiempo cortos, las concentraciones se previenen mediante ventilación mecánica y área que es adyacente Zona 1.

Los grupos pertenecientes a esta clasificación de área están definidos como sigue:

- Grupo I: Metano (solo minas).
- Grupo IIC: Acetileno + Hidrógeno
- Grupo IIB: Etileno
- Grupo IIA: Propano

## **2.4 Razones para clasificar un área peligrosa**

- Certificar que las fuentes de ignición tengan una separación segura de los combustibles líquidos y gases
- Hay que asegurar que el equipo eléctrico/electrónico seleccionado, el cual se va a encontrar cerca de combustibles líquidos y gases, cuenten con un diseño adecuado y de construcción para prevenir igniciones.
- Ayudar en la localización de entradas de aire para los sistemas de ventilación y equipo de combustión.
- Definir la extensión del vapor de la flama propagada de los venteos, drenes y otras fuentes abiertas de hidrocarburos.
- Ayudar en la localización de detectores de gas combustible y equipo de detección de fuego.

- Permitir la localización de equipo salvavidas, almacenamiento de líquidos inflamables, puntos de control de emergencia y radiación en áreas seguras donde se practican.
- Lograr una instalación eléctrica económica del instrumento que proporcione un nivel de seguridad aceptable a un costo lo más bajo posible.

## **2.5 Clasificación de un área**

La clasificación de áreas peligrosas y el diseño de los equipos no sólo es una buena práctica de ingeniería, sino que deben cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas. Es importante señalar que para clasificar una zona se debe operar en forma individual, es decir, por cada sección o área del proceso. Los equipos deben estar contruidos e instalados de manera que garanticen un funcionamiento seguro en condiciones adecuadas de uso y mantenimiento.

Todas las áreas designadas como peligrosas deben estar debidamente documentadas. La clasificación de área debe realizarse mediante un análisis, atendiendo a la concentración de gases, vapores y polvos y a sus características de explosividad. Este análisis debe realizarse bajo supervisión de ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados. Es responsabilidad del propietario de la instalación que la clasificación de área sea realizada con debida precisión.

La clasificación de un área es activa, en otras palabras, cada vez que se modifique un proceso, magnitudes de producción, mediciones de atmósferas inflamables o combustibles por fuera de los sitios ya clasificados se debe realizar la actualización de la clasificación.

## **2.6 Técnicas de protección**

Existen dos filosofías de control del riesgo: las que evitan la atmósfera inflamable o combustible, al sustituir la sustancia inflamable o combustible por otra, limitando a su concentración o propiciando la ventilación adecuada, o las que limitan los efectos de la explosión, haciendo que los elementos constructivos la lleven a niveles aceptables. Algunas técnicas de protección son las siguientes:

- Equipos a prueba de explosión: Contienen la explosión y permiten que los gases se enfríen y escapen de la envolvente a través de juntas roscadas, planas o dentadas. Estas envolventes están taladradas y roscadas para el uso de tubería metálica o conectores tipo glándulas.
- Seguridad intrínseca: Se trata de un tipo de protección en donde el aparato eléctrico contiene circuitos que no tienen posibilidad de provocar una explosión en la atmósfera circundante. Un circuito tiene seguridad intrínseca, cuando alguna chispa o efecto térmico en este circuito, producidos en las condiciones de operación normal o de falla, no puede ocasionar una ignición.
- Seguridad aumentada: Este tipo de protección es utilizado para aparatos eléctricos que, bajo condiciones normales de operación, no forman una ignición. Aparatos que producen arcos o chispas durante su operación normal o aparatos que generes calor excesivo no son apropiados en este tipo de protección. Por esta razón este tipo de protección no es utilizada en equipos como interruptores, estaciones de arranque-paro o motores.
- Equipo antideflagrante: Se trata de un tipo de protección en donde las partes, que pueden encender en una atmósfera inflamable o combustible, son colocadas en una caja herméticamente sellada, la cual puede resistir la presión generada durante una detonación interna de una mezcla inflamable o combustible y que evita la propagación de la explosión a las atmósferas que rodean la caja.
- Presurización: Es un tipo de protección en el que se evita el ingreso de una atmósfera circundante en la caja del equipo eléctrico, manteniendo en el interior de la mencionada caja un gas protector (aire, gas inerte u otro gas apropiado) a una mayor presión que la de la atmósfera circundante.
- Inmersión en aceite: Es un tipo de protección donde el equipo eléctrico, o una parte de él es sumergido en aceite de manera que una atmósfera inflamable, que puede generarse arriba del aceite o afuera de la caja protectora no pueda encenderse.
- Relleno de polvo: Tipo de protección donde la cubierta del equipo eléctrico está rellena de un material en estado de gránulos finos de modo que, en las previstas condiciones de operación, cualquier arco que se produzca dentro de la caja del

equipo no encenderá la atmósfera circundante.

- Moldeado: Las partes que pueden encender una atmósfera inflamable o combustible, son encerradas dentro de una resina, con resistencia efectiva a las influencias ambientales, de modo que esta atmósfera no pueda ser encendida por chispas o calentamiento, que pudieran generarse dentro del encapsulado.

## **2.7 Equipos a prueba de explosión**

En los equipos a prueba de explosión, sus cubiertas deben contener y prevenir la propagación de la llama hacia afuera, a través de las juntas o aberturas, para evitar que las mezclas de vapores alrededor se incendien. Las cubiertas de protección para los equipos deben ser suficientemente fuertes para resistir, sin rotura o seria deformación, la presión interna de la ignición. La temperatura de la cubierta no debe incrementarse como para hacer encender los gases o vapores a su alrededor.

El equipo eléctrico debe seleccionarse de tal modo que asegure que la clase térmica indicada en los equipos no exceda la temperatura de ignición de la sustancia inflamable o combustible existente en el sitio donde está instalado.

## **2.8 Grado de protección de equipos**

El grado de protección IP (Ingress Protection) o su equivalente NEMA (National Electrical Manufacturers Association), se refiere al nivel de estanqueidad frente a la penetración de polvo y de agua al interior de cualquier envolvente.

### **2.8.1 IP (Ingress Protection).**

La identificación del nivel de protección se hace por medio de las letras IP seguido de dos cifras, la primera indica el nivel relativo de estanqueidad al polvo, la segunda al agua y la tercera es protección contra impactos.

**Tabla 3: Sistema de clasificación IP.**

	<b>Primer número – Protección contra sólidos.</b>	<b>Segundo número – Protección contra líquidos.</b>	<b>Tercer número – Protección contra impactos mecánicos.</b>
0	<b>Sin protección.</b>	<b>Sin protección.</b>	<b>Sin protección.</b>
1	Protección contra objetos sólidos de más de 50 mm	Protección contra gotas de agua en caída vertical.	Protección contra impactos de 0.225 Joules.
2	Protección contra objetos sólidos de más de 12 mm	Protección contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical.	Protección contra impactos de 0.375 Joules.
3	Protección contra objetos sólidos de más de 2.5 mm	Protección contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical.	Protección contra impactos de 0.5 Joules.
4	Protección contra objetos sólidos de más de 1 mm	Protección contra rocíos directos en todas direcciones.	Protección contra impactos de 2.0 Joules.
5	Protegido contra polvo – Entrada limitada permitida.	Protección contra chorros de agua a baja presión en todas direcciones	Protección contra impactos de 6.0 Joules.
6	Totalmente protegido contra polvo.	Protección contra fuertes chorros de agua en todas direcciones.	Protección contra impactos de 20.0 Joules.

### **2.8.2 NEMA (National Electrical Manufacturers Association).**

Este es un conjunto de estándares creado por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos

Los más comunes son:

NEMA 4: Sellado contra el agua y polvo. Los gabinetes tipo 4 están diseñados especialmente para su uso en interiores y exteriores, protegiendo el equipo contra salpicaduras de agua, filtraciones de agua, agua que caiga sobre ellos y condensación externa severa. Son resistentes al granizo, pero no a prueba de granizo (hielo). Deben tener ejes para conductos para conexión sellada contra agua a la entrada de los conductos y medios de montaje externos a la cavidad para el equipo.

NEMA 4X: Sellado contra agua y resistente a la corrosión. Los gabinetes tipo 4X tienen las mismas características que los tipos 4, además de ser resistentes a la corrosión.

NEMA 12: Uso industrial. Un gabinete diseñado para usarse en industrias en las que se desea excluir materiales tales como polvo, pelusa, fibras y filtraciones de aceite o líquido enfriador.

El resto son los siguientes:

**Tabla 4: Denominación del resto de estándares NEMA.**

<b>Tipo 1</b>	Para propósitos generales
<b>Tipo 2</b>	A prueba de goteos
<b>Tipo 3</b>	Resistente al clima
<b>Tipo 3R</b>	Sellado contra la lluvia
<b>Tipo 3S</b>	Sellado contra lluvia, granizo y polvo
<b>Tipo 5</b>	Sellado contra polvo
<b>Tipo 6</b>	Sumergible
<b>Tipo 6P</b>	Contra entrada de agua durante sumersiones prolongadas a una profundidad limitada
<b>Tipo 7 (A, B, C o D) *</b>	Locales peligrosos, Clase I - Equipo cuyas interrupciones ocurren en el aire.
<b>Tipo 8 (A, B, C o D) *</b>	Locales peligrosos, Clase I - Aparatos sumergidos en aceite.
<b>Tipo 9 (E, F o G) *</b>	Locales peligrosos, Clase II
<b>Tipo 10</b>	U.S. Bureau of Mines - a prueba de explosiones (para minas de carbón con gases)
<b>Tipo 11</b>	Resistente al Acido o a gases corrosivos - sumergido en aceite
<b>Tipo 13</b>	A prueba de polvo

En el Apéndice D de la NOM-001-SEDE-2012 se estipulan los procesos necesarios para certificar equipos electrónicos y/o sistemas bajo la modalidad con verificación mediante el sistema de rastreabilidad.

## 2.9 Técnicas de protección.

En los siguientes incisos (a) hasta (i) se indican las técnicas de protección aceptables para equipo eléctrico y electrónico en áreas peligrosas (clasificadas).

- a) **Equipos a prueba de explosión.** Esta técnica de protección se permite para equipos instalados en áreas Clase I, División 1 y 2.
- b) **Equipo a prueba de ignición de polvo.** Esta técnica de protección se permite en áreas Clase II, División 1 y 2.
- c) **Hermético al polvo.** Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase II, División 2 o Clase III, División 1 y 2.
- d) **Purgado y presurizado.** Esta técnica de protección se permite para equipo en cualquier área peligrosa (clasificada) para la cual esté identificado.
- e) **Intrínsecamente seguros.** Esta técnica de protección se permitirá para los equipos instalados en lugares Clase I, División 1 o 2; Clase II, División 1 o 2; o Clase III, División 1 o 2.
- f) **Circuito no incendiario.** Esta técnica de protección se permite en áreas Clase I, División 2, Clase II, División 2 y Clase III, División 1 o 2.
- g) **Equipo no incendiario.** Esta técnica de protección se permitirá para los equipos instalados en lugares Clase I, División 2; Clase II, División 2, y Clase III, División 1 o 2.
- h) **Componente no incendiario.** Esta técnica de protección se permitirá para los equipos instalados en lugares Clase I, División 2; Clase II, División 2, y Clase III, División 1 o 2.
- i) **Inmersión en aceite.** Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente en áreas Clase I, División 2 como se describe en 501-115(b)(1)(2).

- j) **Sellado herméticamente.** Esta técnica de protección se permitirá para los equipos instalados en lugares Clase I, División 2; Clase II, División 2, y Clase III, División 1 o 2.
- k) **Sistema de detección de gas combustible.** Se permitirá un sistema de detección de gas como medio de protección en establecimientos industriales con acceso restringido al público y donde las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que únicamente personas calificadas atenderán la instalación. Donde se instale dicho sistema, se permitirá el equipo especificado en los incisos (1), (2) o (3) siguientes:
- 1) Ventilación inadecuada. En los lugares de Clase I, División 1 que se clasifican así debido a la ventilación no adecuada, se permitirán los equipos eléctricos adecuados para lugares Clase I, División 2. El equipo de detección de gas combustible debe estar aprobado para lugares Clase I, División 1, para el grupo adecuado de material y para la detección del gas o vapor específico que se va a encontrar.
  - 2) Interior de un edificio. En un edificio ubicado en un lugar Clase I, División 2 o con una abertura hacia este lugar, cuando el interior no contiene una fuente de gas o vapor inflamable, se permitirá usar equipos eléctricos para lugares no clasificados. El equipo de detección de gas combustible debe estar aprobado para lugares Clase I, División 1 o Clase I, División 2, para el grupo adecuado de material y para la detección del gas o vapor específico que se va a encontrar.
  - 3) Interior de un panel de control. En el interior de un panel de control que contenga instrumentación que utilice líquidos, gases o vapores inflamables, se permitirá usar equipos eléctricos adecuados para lugares Clase I, División 2. El equipo de detección de gas combustible debe estar aprobado para lugares Clase I, División 1, para el grupo adecuado de material y para la detección del gas o vapor específico que se va a encontrar.

### **2.9.1 Filosofías de protección.**

De acuerdo con los estudios de clasificación y determinación del riesgo o peligro, se

desarrollan filosofías de métodos de protección. Existen 3 tipos de filosofías en cuanto a la protección, y de acuerdo con sus características de diseño y construcción se clasifican en:

- Contención
- Segregación
- Prevención

Estas tres filosofías son la base de desarrollo y diseño de los métodos de protección usados en aplicaciones de áreas con peligro de explosión. Los métodos más comúnmente usados en la industria de procesos industriales en México, estos son:

**Contención:** A prueba de explosión, Método de protección mecánico en el cual, en caso de ocurrir una explosión, esta se queda contenida dentro del envoltente.

**Segregación:** Purga/Presurización, Método de protección para el cual se debe combinar con un segundo o tercer método de protección, en el cual el sistema mantiene una presión interna de la envoltente mayor a la presión externa, por lo que no existe la posibilidad de generar una mezcla aire-combustible en su interior, las señales de/hacia campo pueden ser llevadas ya sea con seguridad intrínseca o a prueba de explosión.

**Prevención:** Seguridad Intrínseca, Método de protección electrónico, en el cual se limitan los valores de energía (corriente y voltaje) en el caso de una mala operación, para que no se libere energía lo suficientemente elevada para producir una ignición.

### **2.9.2 Métodos de protección.**

Una vez realizado los estudios de clasificación de área, el siguiente paso es definir el método de protección a ser usado, esto con el objeto de seleccionar los instrumentos y accesorios adecuados para la clasificación de área. Pero no hay que confiarse y pensar que el trabajo concluyo, ya que la sola implementación del método de protección no proporciona el nivel de seguridad requerido, debemos considerar la verificación de la correcta implementación del o de los métodos de protección como el último paso.

Es necesario hacer una verificación tanto física como documental del o de los métodos

de protección seleccionados según sea requerido por el estándar de aplicación.

Criterio 1: se deben elegir dispositivos y equipos que estén certificados por un laboratorio de pruebas reconocido (por el gobierno), los cuales pueden ser entre algunos:

- En América: UL, FM y CSA
- En Europa: TÜV, PTB, KEMA.

**Criterio 2:** Confirmar que todos los dispositivos de campo y equipos son del mismo marco normativo relativo al área clasificada.

Es importante mencionar que, para el caso de la Seguridad Intrínseca, algunos consideran o interpretan que los dispositivos intrínsecamente seguros (instrumento de campo intrínseco, el cable y la barrera de seguridad intrínseca) proporcionan la protección; sin embargo, se debe hacer una validación del método, tanto documental como física en sitio, de su correcta implementación.

Esta validación la hace personal calificado y se recomienda que sea diferente al proveedor de los equipos y dispositivos y al usuario, esto con el fin de tener imparcialidad. Este tipo de personas se conocen como “tercería”. Ellos son las personas encargadas de evaluar los sistemas, con el conocimiento, habilidad, experiencia y criterio para evaluar. Se cree que una compañía es la tercería; y en los estándares están claramente indicadas las características de las “personas”, que realizan estas actividades. (Salinas, 2017).

# **CAPITULO III.**

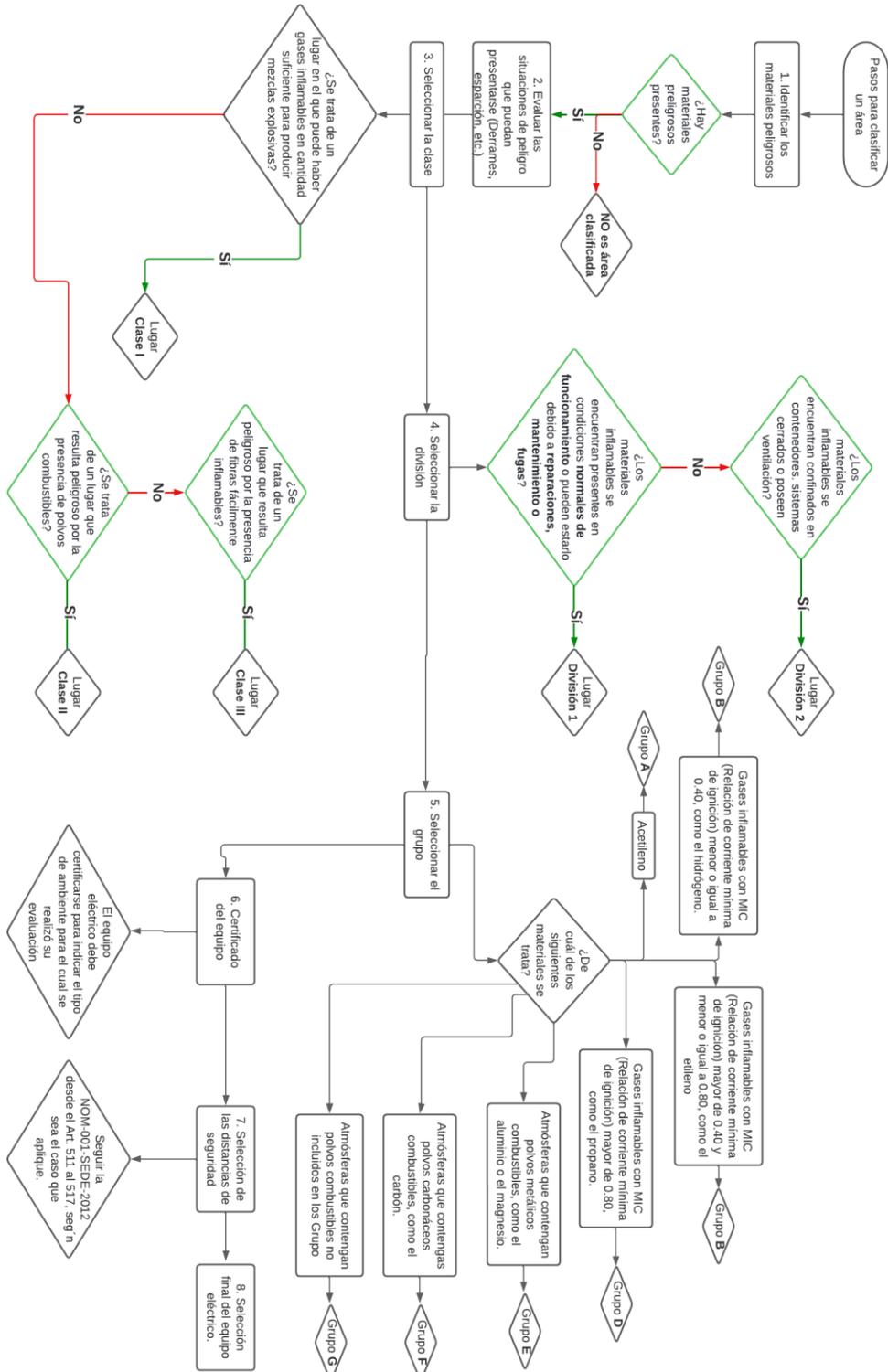
**Proceso de un Área Clasificada y selección de  
Equipo Eléctrico.**

**Introducción:**

La intención al clasificar un área peligrosa (ya sea por un gas, vapor o polvo peligroso) es el de identificar la posibilidad de una atmósfera explosiva existente en un lugar determinado, y más importante, para influenciar en el diseño de alguna planta o ayudar a minimizar esos riesgos. Con esto, se puede notar que será una herramienta para ser utilizada en conjunto con los requisitos operativos en el diseño de cualquier planta, proceso o instalación. En este capítulo se buscará identificar los principios en los que se basa la clasificación de áreas, la labor de aquellos involucrados en el diseño o la operación de plantas donde puede haber una atmósfera explosiva y así también, los procedimientos que deben llevarse a cabo en la identificación de áreas peligrosas.

Para el desarrollo de una instalación eléctrica en una línea de producción de desodorantes en aerosol se debe tomar en consideración los diversos tipos de materiales que se usan en dicha planta industrial, algunos materiales entran dentro de la clasificación como altamente peligrosos, por ello, se deben tomar ciertas medidas de seguridad ya que puede existir un riesgo de incendio o explosión debido a estos gases o líquidos inflamables de fácil ignición dispersas en el ambiente.

El proceso para clasificar un área es el siguiente:



### **3.1 Identificación de los materiales explosivos o inflamables.**

El **primer paso** para realizar la clasificación de área, y luego, poder considerar la instalación eléctrica es reconocer los materiales inflamables que estarán presentes alrededor de dicha instalación, estos materiales presentes en los desodorantes en aerosol tienen diferentes propiedades tanto físicas como químicas, las cuales resulta muy importante conocer para posteriormente poder hacer una correcta selección de accesorios y de equipo eléctrico a utilizar.

**Propiedades químicas** (con relación a la salud, la combustibilidad y la reactividad). Se refiere a la producción de sustancias tóxicas peligrosas para la vida de las personas, el medio ambiente y también por su capacidad para quemarse o explotar: Fórmula molecular, punto de inflamación, temperatura de ignición y temperatura de autoignición.

#### **Gases.**

Este tipo de materiales pueden ser comprimidos o licuados, tanto por presión como por frío extremo o disueltos bajo presión.

Los principales riesgos asociados con gases es la inflamabilidad, la corrosividad y la asfixia y las características para mantener una combustión.

Los gases pueden ser inflamables, debido a que una de sus características es que estos se tienden a encenderse y quemarse fácil y rápidamente.

#### **Líquidos inflamables.**

El Líquido Inflamable: se le llama de esta forma a cualquier líquido que tenga un punto de inflamabilidad bajo los 37°C. (100°F).

### **3.2 Situaciones para realizar una clasificación de área.**

El **segundo paso** se trata de evaluar las situaciones que puedan presentarse en el área a clasificar y tomar en cuenta la frecuencia con la que se puede presentar alguna situación donde pueda ocurrir durante la operación del proceso y se produzca una atmósfera explosiva, la cual puede presentarse con cierto grado de regularidad, un ejemplo de estas situaciones son: una fuga o falla que libere algún material peligroso, o también que posiblemente exista presencia de estos materiales

sin necesidad de existir algún percance o imprevisto.

Existen tres situaciones que predeciblemente pueden ocurrir en cualquier operación en la cual materiales inflamables pueden verse presentes:

**Primero**, una situación en la que una atmósfera explosiva se vea presente durante largos periodos de tiempo o de forma permanente como resultado de la operación de la línea de producción. Esto suele ocurrir en el interior de tanques de almacenamiento donde los gases están presentes.

**Segundo**, una situación en donde las atmósferas explosivas ocurren normalmente solo durante la operación normal de la línea de producción.

**Tercero**, una situación en la que las atmósferas explosivas ocurren raramente y vienen una la falla del equipo o del proceso. Puede ser por alguna fuga en una tubería del proceso que libera un gas, o el desbordamiento de un recipiente debido a la falla del sistema de control que procesa los líquidos.

Al haber identificado cada una de estas posibles situaciones, será mucho más sencillo realizar una adecuada selección tanto de clase como de división para un área de peligro.

### **3.3 Selección de la clase.**

El **tercer paso**, es elegir la clase del área clasificada de acuerdo con el artículo 500-5 "Clasificaciones de lugares": Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades del gas inflamable, el vapor producido por líquido inflamable, los vapores producidos por líquidos combustibles, los polvos o fibras/partículas que puedan estar presentes, y similares con posibilidad de que estén presentes en concentraciones o cantidades inflamables o combustibles. Para determinar su clasificación cada área se debe considerar individualmente.

### **3.4 Selección de la división.**

El **cuarto paso** es la selección de las divisiones, las cuales dependerán de la exposición que tengan los materiales peligrosos.

Las divisiones señalan los niveles de riesgo que se encuentran presentes en el área a

clasificar. Al evaluar dicha división, se debe tomar en cuenta con qué frecuencia los materiales inflamables estarán presentes en la atmósfera.

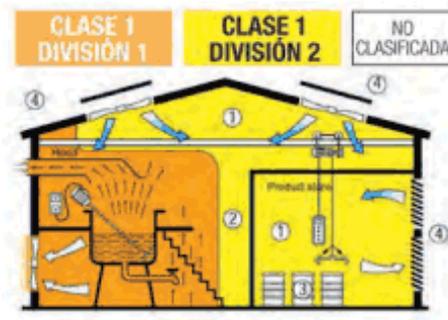


Figura 1.

- 1) Área División 2.
- 2) Áreas División 1 y 2, separadas por una barrera o espacio.
- 3) Bodega de productos, separada del área División 1.
- 4) Área no peligrosa.

**Figura 3. Clase y división de un área donde se concentran materiales inflamables. [Fuente: Revista Electro-Industria: Clasificación de áreas peligrosas].**

En el ejemplo anterior se puede observar un ejemplo de la clase 1, donde se está usando un líquido inflamable, que está expulsando vapores hacia un ducto de ventilación. Se observa una división 1 simbolizado con color naranja vemos que es el área más próxima al material de riesgo. La división 2 puede estar continuo del lugar de la División 1, y al cual se pueden comunicar concentraciones de gases inflamables o vapores producidos por líquidos inflamables.

### 3.5 Selección del Grupo de los materiales.

En el **quinto paso** se debe determinar el grupo al que los materiales inflamables pertenecen, ya que estos pueden estar presentes en el ambiente del área clasificada como peligrosa.

Para la aprobación y clasificación de las áreas de alto riesgo o denominadas como peligrosas, se debe considerar el siguiente agrupamiento que se basa en las características de los materiales inflamables.

Las características inflamables de una mezcla de aire con gases o vapores pueden variar según el material específico que se encuentre involucrado con el ambiente. Para las áreas de la **Clase I**, grupos A, B, C y D, esta clasificación incluye la

determinación de la presión máxima de la explosión y de la separación máxima de seguridad entre las partes de una unión con abrazadera en una envolvente. Por lo tanto, es necesario que el equipo esté identificado no solamente para la Clase sino también para el grupo específico del gas o vapor que estará presente. En el artículo 500-6 Grupos de Materiales de la NOM-001-SEDE-2012 se explica claramente el grupo al que se le debe asignar a un material peligroso según sus características, de igual forma en el Anexo 12.1 de la NRF-036-PEMEX-2010 se pueden encontrar tablas con el ejemplo de cada material peligroso que se puede conseguir en la industria de Clase I con un grupo específico asignado.

Tablas 5 y 6: Listado de materiales y grupo al que pertenecen según sus características inflamables en mezcla con el aire [Fuente: NRF-036-PEMEX-2010]

Material	Clase I división
	Grupo
Acetaldehído	C*
Acetona	D*
Acetileno	A*
Acroleína (inhibida)	B(C*)
Alcohol alílico	C*
Amoniaco	D*
Benceno	D*
1.3 Butadieno	B(D*)
Butano	D*
1. Butanol	D*
2. Butanol	D*
Butilamina	D
Butileno	D
Coque	F
Clorobenceno	D
Ciclohexano	D
Ciclohexanol	D
Ciclopropano	D*
1,2 Dicloroetileno	D
Eter dietílico	C*
Dietilamina	C*
Di-Isobutileno	D*
Dimetilamina	C
Etano	D*
Etanol	D*
Acetato etílico	D*
Etilbenceno	D
Etileno	C*
Etilamina	C*

Material	Grupo
Óxido de etileno	B(C*)
Etil mercaptan	C*
Formaldehído (Gas)	B
Gasolina	D*
Heptano	D*
Hepteno	D
Hexano	D*
Hexenos	D
Hidrógeno	B*
Isobutiraldehído	C
Isopreno	D*
Gas licuado de petróleo	D
Gas con más de 30% de hidrógeno en su volumen.	B*
Óxido de metililo	D*
Metano	D*
Metanol	D*
Metil – etil – Cetona	D*
Metil isobutil Cetona	D*
Nafta (Petróleo)	D*
Octano	D*
Octeno	D
Pentano	D*
1 - Pentanol	D*
Propano	D*
Propileno	D*
Óxido de propileno	B(C*)
n-Propil éter	C*
Nitrato de propileno	B*
Tolueno	D*
Dimetilhidrazina asimétrica (UDMM-1, Dimetilhidrazina)	C*
Xilenos	D*
Ácido acético	D*

### 3.6 Selección de la Zona.

El **paso 7** se trata de la clasificación de un área peligrosa, pero esta vez, será por zonas y no por divisiones. El sistema de clasificación por zona surge como una alternativa al sistema de clasificación por divisiones tratado anteriormente para equipo eléctrico, electrónico y cableado en todas las tensiones en áreas peligrosas de Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2. Esta clasificación se considera por la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), mientras que por las clases se consideran por el NEC (Código Eléctrico Nacional).

Los lugares de Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2 son aquellos en los cuales los gases o vapores inflamables están presentes en el aire o pueden llegar a estarlo, en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables.

**Clase I, Zona 0:** Se denomina Clase I, Zona 0 a un lugar:

- En el que continuamente están presentes concentraciones de gases o vapores inflamables.
- En el que están presentes durante largos períodos de tiempo concentraciones de gases o vapores inflamables.

**Clase I, Zona 1:** Se denomina Clase I, Zona 1 a un lugar:

- En donde sea muy probable que haya manifestaciones de gases o vapores inflamables en condiciones normales de operación.
- En el que frecuentemente puede haber manifestación de gases o vapores inflamables debido a operaciones de reparación o mantenimiento, o por fugas.
- En donde se lleven a cabo procesos donde por una mala operación del equipo o ruptura de este podría producir la liberación de manifestaciones inflamables de gases o vapores, además de poder causar una falla simultánea de los equipos eléctricos, de modo que ocasione que el equipo eléctrico se convierta en una fuente de ignición.
- Que está próximo a un lugar de Clase I, Zona 0, desde la que podrían pasar concentraciones inflamables de gases o vapores, excepto si ese

paso se previene mediante una ventilación de presión positiva adecuada desde una fuente de aire limpio y se suministran medios eficaces de protección contra fallas de la ventilación.

**Clase I, Zona 2:** Se denomina Clase I, Zona 2 a un lugar:

- En el que no es probable que haya manifestaciones de gases o vapores inflamables en condiciones normales de operación y, si las hay, será durante un corto período de tiempo.
- En el que se procesan gases o vapores inflamables, pero en el cual estos están normalmente confinados dentro de recipientes cerrados de sistemas cerrados de los que sólo pueden escapar como resultado de una ruptura accidental del recipiente o sistema.
- En el que las manifestaciones de gases o vapores inflamables se previenen mediante ventilación mecánica de presión positiva pero que pueden resultar peligrosas como consecuencia de la falla u operación anormal del equipo de ventilación.
- Que está próximo a un lugar de Clase I, Zona 1 desde el que podrían pasar concentraciones inflamables de gases o vapores, a menos que ese paso se prevenga mediante una ventilación de presión positiva adecuada, desde una fuente de aire limpio y se suministran medios eficaces de protección contra fallas de la ventilación.

Teniendo esta información, será más sencillo realizar una clasificación de área, ahora tomando en cuenta las Zonas, las cuales al complementarlas con las Clases y Divisiones pueden brindar un mejor entendimiento del área a trabajar y sus características.

### 3.7 Certificado del equipo.

El equipo en funcionamiento que debe aprobarse debe estar certificado para indicar el tipo de ambiente para el cual se realizó su evaluación. Este certificado debe incluir la siguiente información de acuerdo con el artículo 500-8 (c) de la NOM-001-SEDE-2012:

- **Clase:** El certificado del equipo debe indicar la Clase a la que pertenece dicha área clasificada por el tipo de material a utilizar en su atmósfera.
- **División:** esta deberá estar certificada en el equipo, según la división donde se dispone a instalar. El equipo que esté certificado como "División 1", es adecuado tanto para lugares de División 1 como de División 2. El equipo certificado como "División 2" es adecuado para lugares de División 2 únicamente.
- **Grupos de clasificación de materiales:** Este certificado debe indicar el Grupo o Grupos de acuerdo con la clasificación de materiales.
- **Temperatura del equipo:** Este certificado debe especificar la clase de temperatura o la temperatura de operación cuando los equipos trabajen a una temperatura ambiente de 40° C, o para una temperatura ambiente mayor si el equipo tiene el valor nominal y está certificado para una temperatura ambiente mayor a los 40° C. La clase de temperatura se debe indicar usando los Códigos T, que se encuentran en la siguiente tabla (tabla 7).

Tabla 7: Clasificación de la temperatura superficial máxima.

[Fuente: NOM-001-SEDE-2012, art. 500-8(c)].

Temperatura máxima °C	Número de identificación
450	T1
300	T2
280	T2A
260	T2B
230	T2C
215	T2D
200	T3
180	T3A
165	T3B
160	T3C
135	T4
120	T4A
100	T5
85	T6

### **3.8. Selección de las distancias de seguridad recomendadas.**

En el **octavo paso** se deben determinar las distancias de seguridad recomendadas para cada división, dentro de la Clase I. En la NOM-001-SEDE-2012 desde el artículo 511 al 517 se muestran diferentes casos específicos con distancias puntuales a utilizar según sea el caso. Estos artículos establecen los requisitos paralocales que pueden ser peligrosos debido a la concentración atmosférica de líquidos, gases o vapores inflamables, incluyendo las distancias que se recomiendan para asignarle una división a un área clasificada. De igual forma tomar en cuenta que se pueden aplicar diferentes medidas que reduzcan la extensión de estas áreas clasificadas, como muros o recintos que prevean protección tanto para el equipo como para las personas.

### **3.9. Selección de equipo eléctrico.**

Al seleccionar el equipo y los accesorios eléctricos a utilizar para una instalación eléctrica en un área clasificada se deben tener en cuenta los tres principios que aseguran que el equipo eléctrico no se convierta en una fuente de incendio. El punto básico es asegurarse de las partes que tienen libre acceso a una atmósfera potencialmente explosiva no se calienten lo suficiente para que se cree una explosión o incendio. En el Art. 110 de la NOM-001-SEDE-2012 se especifican las normativas para evaluar, identificar, instalar y utilizar el equipo eléctrico.

Es de suma importancia que los operadores de una planta con áreas clasificadas sepan identificar cuándo pueden ocurrir las explosiones y cómo prevenirlas. Un esfuerzo en conjunto de los fabricantes de equipos eléctricos a prueba de explosiones y los constructores y operadores de plantas industriales puede ayudar a garantizar la operación segura de equipos eléctricos en lugares peligrosos.

**Tabla 8: Principios que involucran una explosión y el método de protección derivado de la causa.**  
 [Fuente: NRF-048-PEMEX-2014].

Principio	Método de protección
<p>Mezclas explosivas pueden penetrar el equipo eléctrico y crear un incendio. Las medidas se toman con el objetivo de asegurar que la explosión NO se pueda esparcir en la atmósfera circundante.</p>	<p>Confinar la explosión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Envolvente a prueba de explosión.</li> <li>• Sellos en canalización.</li> </ul>
<p>El equipo está provisto de una envolvente que impide el ingreso de una mezcla potencialmente explosiva y/o contacto con fuentes de ignición derivadas del funcionamiento del equipo</p>	<p>Aislar el peligro.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presurización y purga.</li> <li>• Sellado hermético.</li> <li>• Encapsulado</li> </ul>
<p>Mezclas potencialmente explosivas que pueden penetrar en el recinto, pero no provocar un incendio. Las chispas y las temperaturas elevadas sólo ocurrirán dentro de ciertos límites.</p>	<p>Limitar la energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad intrínseca.</li> <li>• Sistemas neumáticos.</li> <li>• Fibra óptica.</li> </ul>

# **CAPITULO IV.**

## **Aplicación del Manual para un Área Clasificada.**

## 4. Introducción

Una vez determinados los pasos a considerar en el Capítulo 3 para la realización de una instalación eléctrica de un área clasificada de alto riesgo, es decir un área clasificada, en este capítulo 4 se hará la aplicación de los pasos del capítulo anterior, tomando como guía una instalación de una línea de producción de desodorantes en aerosol, cuyos componentes principales de gas y vapores son el Gas LP (Propano y butano) y el alcohol etílico (etanol).

### 4.1 Composición del desodorante en aerosol.

Dando seguimiento al primer paso, se hablará de los componentes principales, los gases inflamables (Propano y butano) y los vapores que emite el alcohol etílico (etanol).

La clasificación de la línea de desodorantes en aerosol va dependiendo de las propiedades del gas inflamable que se usa, en este caso de instalaciones, se usa el **Gas LP** y el **Etanol**, también llamado **alcohol etílico**. A consecuencia de una mala instalación eléctrica estos compuestos químicos pueden estar presente en concentraciones o cantidades inflamables o combustibles.

Propulsor (Gas LP). Propulsor de hidrocarburo derivado del petróleo. Es un gas altamente inflamable y explosivo a temperatura ambiente y bajo presión.

Características del Gas LP.

- No tiene color, por lo que es transparente como el agua en su estado líquido.
- No tiene olor cuando se produce o se licua, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo cuando se fuga, llamada metil mercaptano.
- No es tóxico, solo desplaza el oxígeno, por lo que no es propio para respirarlo mucho tiempo.
- Es muy inflamable, cuando se escapa y se vaporiza se enciende violentamente con la menor llama o chispa.
- Es excesivamente frío, porque cuando se licuó se sometió a muy bajas temperaturas de bajo 0°C, por lo cual, al contacto con la piel producirá siempre quemaduras de la misma manera que lo hace el fuego.

Compuesto de 2 hidrocarburos, las propiedades del gas LP son:

**Butano:  $C_3H_8$  39%**

**Propano:  $C_4H_{10}$  61%**

Punto de inflamación: **-98°C**

Temperatura de autoignición: **435°C**

**Nivel máximo: 55%.**

**Etanol:** El etanol es un líquido incoloro, volátil, con olor característico y sabor picante. Sus vapores son más pesados que el aire.

Debido a que puede disolverse fácilmente en el agua y otros compuestos orgánicos, el etanol también es un ingrediente de una variedad de productos, tales como productos de cuidado personal y belleza, como desodorantes.

Propiedades del etanol:

Formula molecular:  **$C_2H_5OH$ ,  $CH_3CH_2OH$**

Punto de inflamación: **12°C.**

Temperatura de ignición: **363°C**

Temperatura de autoignición: **793°C**

**Nivel máximo: 42%**

**Fragancia:** Sustancia aromática elaborada para dar un olor agradable.

**Nivel máximo: 3%.**

Ahora que se tiene un conocimiento del tipo de materiales que se usan en una línea de producción de desodorantes en aerosol, se debe empezar dicha clasificación acorde a los lineamientos del capítulo 3, clasificación de áreas.

#### **4.2 Situaciones donde se pueden producir atmosferas explosivas.**

Durante el proceso de producción de un desodorante en aerosol, se pasa por varias etapas, las cuales se explican detalladamente en la sección 4.4.

La principal situación que puede crear un ambiente potencialmente explosivo que ponga en riesgo tanto el equipo como a las personas es un derrame accidental de producto:

**Derrame accidental de producto:** los derrames de líquido se pueden drenar hacia la base del recinto donde se encuentren, por lo tanto, es necesario sellar la base del recinto para generar un muro de contención en el cual el líquido derramado se pueda recolectar y así evitar que se escape del recinto. Estos pueden ocurrir ya sea por una manguera con pérdida, pérdida en el cabezal de llenado, resultado de un incorrecto o inexistente mantenimiento al equipo, de igual forma, puede producirse por una incorrecta configuración de la máquina. Algo similar puede suceder con el gas licuado de petróleo en la Sala de Gas, un diseño o configuración incorrecta puede producir una liberación del propelente en el recinto primario, creando así una atmósfera inflamable y riesgosa, todo esto se puede evitar o prevenir con inspecciones de rutina regulares y un adecuado mantenimiento.

Otro tipo de derrame que puede producirse es ya producido por el desodorante en aerosol en su fase final, es decir, cuando ya se supone que está lista su manufactura y por alguna tapa o válvula mal colocada, este se encuentre en pérdida y liberando producto, ya sea etanol o gas.

### **4.3 Selección de la Clase para la línea productora de aerosoles.**

Dentro del tercer paso se tiene como objetivo identificar la **clase** de la línea productora de desodorantes. Una línea productora de desodorantes en aerosol se rige dentro de la clasificación **CLASE 1**, ya que son aquellos lugares en los que hay o puede haber en el aire, gases inflamables como es el caso del Gas LP y vapores producidos por líquidos inflamables, como es el caso del etanol.

### **4.4 Selección de la división para la Clase I.**

#### **4.4.1 Clase I, división 1.**

Ahora que se tiene la clase de la línea de producción de desodorantes en aerosol (Clase I), se deben considerar las divisiones de dicha clase, empezando por la División 1.

Los lugares que más incluyen esta clasificación son en los que el material inflamable como gas LP o el etanol pasan de un recipiente a otro, en esta división se presentan tanques, o recipientes con estos materiales volátiles, cuartos de bombas para gases o

vapores inflamables que por falta de conocimiento en las zonas se encuentran inadecuadamente ventilados. En general, lugares donde exista la probabilidad de que se produzcan concentraciones inflamables del Gas LP durante su funcionamiento normal.

En la línea productora de desodorantes en aerosol, dentro de la división 1, se presentan concentraciones de gases o vapores inflamables, continuamente o durante periodos prolongados de tiempo. Por ejemplo: el interior de tanques ventilados que contienen líquidos volátiles inflamables y en el interior de un ducto de descarga que se utiliza para dar salida a las concentraciones combustibles de gases o vapores.

#### **4.4.2 Clase I, división 2.**

Esta clasificación incluye los lugares en los que se utilizan líquidos volátiles inflamables (Etanol) o gases o vapores inflamables (GLP) pero que, sólo resultarían peligrosos en caso de un accidente o de alguna condición de funcionamiento fuera de las condiciones normales. Los factores que merecen consideración para establecer la clasificación y las dimensiones de cada lugar son la cantidad de materiales inflamables que podrían escapar en caso de accidente, la suficiencia del equipo de ventilación, el área total involucrada y el historial de incendios o explosiones de la línea de producción.

Las tuberías que no contengan válvulas, retenes, medidores y dispositivos similares generalmente no dan lugar a condiciones peligrosas, aunque se utilicen para líquidos o gases inflamables. Dependiendo de factores tales como la cantidad y tamaño de los recipientes y de la ventilación, los lugares usados para el almacenamiento del etanol o gas LP se pueden considerar lugares clasificados o lugares no clasificados.

Para la concentración del Gas LP y el etanol en la línea de producción de desodorantes en aerosol es evidente que debe usar este tipo de clasificación por la cantidad de Gas y alcohol utilizados en sus productos.

#### **4.5 Identificación de la División en cada etapa del proceso de la línea de producción.**

Para analizar más a fondo el proceso de la clasificación Clase I y sus divisiones, se tendrán en cuenta los siguientes procesos de llenado en la línea de producción de desodorantes en aerosol. El proceso será el siguiente: Empezando por la **[1] mesa de acumulación de latas vacías** desde una mesa y siendo transportadas hasta el segundo punto, que es la **[2] máquina de llenado de etanol con fragancia**, después el **[3] insertado de la válvula en la lata**. Posteriormente, pasa por la **[4] máquina engarzadora** que hace un sellado de la lata. Después las latas salen de edificio para entrar a la **[5] máquina de gasificado**, para regresar al interior del edificio y pasar por la **[6] máquina de pesado** que detecta que todas las latas cumplen con su peso ideal. Después se hace un **[7] baño de prueba** donde las latas son sumergidas a 50° C para aumentar su presión y hacer evidente cualquier falla en las juntas de la lata o en el posicionamiento de la válvula. Posterior a este paso, son trasladadas a la siguiente sección que es **[8] colocación del botón dispensador y la tapa** para tener de esta manera el producto terminado para finalmente llevarlo a la **[9] máquina empacadora** que se encargada de empacar las latas con el producto final, para llevarse a la venta al público.

##### **4.5.1 Mesa de acumulación de latas vacías.**

Es el primer proceso que se debe considerar para el llenado de las latas con los componentes del desodorante previamente mencionados en el punto 4.1 de este capítulo, es la inserción de las latas vacías. Como se observa en las figuras 4 y 5, estas latas se descargan en una mesa donde se acumulan y avanzan a través de una banda transportadora, posteriormente estas latas serán transportadas hacia el siguiente punto de llenado de las latas que es la máquina de llenado. Este proceso es considerado como **área no clasificada** debido a que aún no se llevan a cabo procesos que involucren el llenado de las latas con los componentes inflamables.



Figura 4 y figura 5: Mesa de inserción de las latas vacías. [Fuente: González y Rangel].

#### 4.5.2 Máquina de llenado de etanol con fragancia.

Como segundo proceso está el llenado de las latas vacías. Estas se dosifican de producto con la cantidad adecuada de base del producto inflamable en la lata que es etanol con un 42% y Fragancia con un 3% de ocupación de producto en la lata. A partir de este proceso empieza la clasificación del área de alto riesgo, ya que interviene el primer compuesto inflamable que es el alcohol etílico mezclado con fragancia que le da el aroma al desodorante en aerosol, ocupando un 45% total del llenado del producto final en la lata.

Esta área de alto riesgo corresponde a la clasificación de **Clase I, división 1**, ya que el material inflamable como lo es el etanol pasa de un recipiente a otro, en este caso de la máquina dispensadora a las latas vacías. Dentro de los gabinetes existe una probabilidad de que se produzcan concentraciones inflamables por el paso que existe del etanol de la máquina dispensadora hacia las latas.

Este gabinete del llenado de etanol con fragancia contará con su sistema de extracción de vapores como el mostrado en la figura 7.



**Figura 6: Llenado de latas vacías con la mezcla de etanol con fragancia. [Fuente: González y Rangel].**



**Figura 7: Sistema de ventilación. Extracción de gases dentro de los gabinetes de llenado de etanol con fragancia. [Fuente: González y Rangel].**

#### **4.5.3 Máquina de inserción de válvulas.**

Después de verter la base del producto líquido en las latas vacías, dicha lata viaja hasta las máquinas de inserción de válvulas. En este punto se coloca un montaje de válvula en la lata. La máquina de inserción de valvular trabaja de la mano con el clasificador de válvulas. Esta última máquina envía las válvulas a la máquina de inserción de válvulas.

Esta área de alto riesgo corresponde a la clasificación de **Clase I, división 1** ya que las latas ya vienen llenas de la mezcla de etanol con fragancia por lo que, una falla en la máquina de inserción de las válvulas podría derramar el componente inflamable dentro del gabinete de inserción, ocasionando un ambiente inflamable dentro del mismo. Cabe mencionar que al igual que en gabinete del llenado de etanol con fragancia, este también contará con su sistema de extracción de vapores como el mostrado en la figura 8.



Figura 8: Máquina de inserción de la válvula. [Fuente: González y Rangel].

#### 4.5.4 Máquina engarzadora.

La lata que ha sido llenada con la base del producto tiene la válvula insertada y se transfiere a la máquina engarzadora.

En este punto la válvula solo está colocada por encima del cordón de la lata. En la máquina engarzadora, como se observa en la figura 9, la válvula se mantiene firme en un cabezal de metal circular, y posteriormente unas mordazas presionan hacia afuera en la parte inferior de la válvula desde el interior.

Estas mordazas presionan el recipiente de la válvula contra la lata, dejando así una lata sellada.

Esta área también corresponde a la clasificación de **Clase I, división 1** ya que las latas, al igual que en el gabinete de inserción de las válvulas, vienen llenas de la

mezcla de etanol con fragancia. Una mala operación en la máquina engarzadora podría derramar el componente inflamable dentro del gabinete de sellado de latas, ocasionando un ambiente inflamable dentro del mismo. Cabe mencionar que al igual que en gabinete del llenado de etanol con fragancia y en el gabinete de inserción de la válvula, este también contará con su sistema de extracción de vapores como el mostrado en la figura 7.



**Figura 9: Máquina engarzadora o de sellado de la lata con la inserción de la válvula.[Fuente: González y Rangel].**

#### **4.5.5 Máquina de llenado de Gas LP.**

Después del llenado de latas con el producto entre el etanol y la fragancia y la inserción de la válvula sellada en la máquina engarzadora, se transporta fuera del complejo a la sala de gas en donde se alimenta de la máquina dosificadora de gas.

Aquí se dosifica la cantidad adecuada de propelente en las latas (55%). Las latas se alimentan de la misma manera que otro equipo rotatorio, como en la línea llenado de etanol.

Esta sala de Gasificado (figura 10), es la más importante a considerar en el proceso de llenado de las latas de desodorante en aerosol, ya que en esta sala existe la mayor concentración de Gas LP en toda la línea de producción, por eso es tan importante aconsiderar la división a la que pertenece.

En esta área de gasificado se presentan las 2 divisiones para la Clase I:

Dentro de las paredes del gabinete de llenado de Gas, se encuentra una clasificación, **Clase I, división 1**, ya que en este lugar el Gas LP pasa de la máquina de gasificado a las latas con la mezcla de etanol con fragancia, o recipientes con estos materiales volátiles. En general, en el gabinete de llenado de gas, existe la probabilidad de que se haya concentraciones inflamables del Gas LP durante su funcionamiento normal de dicha máquina de gasificado.

En dicha máquina de gasificado se presentan las concentraciones de Gas LP continuamente o durante largos periodos de tiempo. Es por lo que, estrictamente se contará con su sistema de extracción de gases.



**Figura 10: Máquina de llenado de Gas LP dentro de la sala de Gasificado. [Fuente: González y Rangel].**

La sala donde se confina el gabinete de dosificado de gas (figura 11), corresponde a la clasificación de **Clase I, división 2** ya que una mala operación en la máquina dosificadora de gas podría derramar no solo la mezcla de etanol, sino también ocasionar la fuga de Gas LP en la maquina dosificadora ocasionando un ambiente de alto riesgo. Esta división 2, al igual que la división 1 tiene un sistema de ventilación en caso de que el sistema de ventilación de la división 1, no sea lo suficientemente capaz de extraer el gas de la máquina de gasificado por completo.



**Figura 11: Sala de Gasificado por fuera del edificio de producción. [Fuente: González y Rangel].**

#### **4.5.6 Verificación de peso.**

Después del proceso de llenado de Gas LP en la máquina dosificadora de gas, en la figura 12, se puede observar que luego de que la lata se devuelve al interior del edificio de producción a través de la banda transportadora, el siguiente paso que se debe cumplir en la producción de la línea de desodorantes, la verificación del peso.

El pesador se instala después de la máquina de gasificado, este proceso está en el interior del edificio de producción. Es importante realizar una revisión que asegure que los llenados de las latas son tolerables y rechazar aquellas latas que están sobre o por debajo del peso. Si las latas fueron sobrellenadas, existe un riesgo de ruptura de las latas en el baño de agua. De lo contrario si las latas están por debajo del peso, puede ser indicio de que alguna tenga una fuga.

Este dispositivo de rechazo de las latas será comúnmente un chorro, para empujar la lata fuera del transportador a una tolva de rechazo ventilada. La detección de gas debe proporcionarse en el ducto de extracción por ventilación de la tolva de rechazo.

Esta parte del proceso de la línea productora gas corresponde a la clasificación de

**Clase I, división 1** ya que cuando una lata con material inflamable es separada del resto de latas, puede que exista una fuga en las latas por alguna ruptura, por lo que, dicha fuga podría derramar no solo la mezcla de etanol, sino también ocasionar la fuga de Gas LP. Esta sección del proceso tiene un sistema de ventilación, que extrae el Gas LP que se pueda fugar, por el ducto de extracción instalado en la tolva de rechazo.



Figura 12: Máquina de verificación del peso adecuado de la lata.[Fuente: González y Rangel].

#### 4.5.7 Baño de prueba.

Para probar la integridad de las latas de aerosol llenas, una buena práctica que también es ley en algunos países requiere sumergir las latas de aerosol en agua caliente para elevar así su temperatura y presión, para esto se utiliza un baño de prueba como el de la figura 13. Se elige una temperatura que elevará la presión en el bidón muy por encima de su presión normal y lo suficiente para hacer evidente cualquier falla mayor en las juntas de la lata o en el posicionamiento de la válvula. En esta etapa puede quedar al descubierto algunas

fallas típicas como sellos defectuosos o mal colocados o válvulas con pérdida (figura 14). Esta parte del proceso se toma como **Clase I, división 1**.



**Figura 13: Baño de prueba. [Fuente: González y Rangel].**



**Figura 14. Lata de desodorante defectuosa. [Fuente: González y Rangel].**

#### 4.5.8 Botonera y Tapadora.

Las operaciones en la botonera y la tapadora, observadas juntas en la figura 15, son de alguna manera similares y, por lo tanto, estas unidades de operaciones se consideran como una sola sección.

Para el caso de la botonera, las latas llenas serán transferidas por las cintas transportadoras desde el baño de agua. Los pulsadores se cargan manualmente en una clasificadora montada encima o al lado de la máquina que alimenta los pulsadores individuales dentro de los cabezales mecánicos que colocan los pulsadores sobre los vástagos de la válvula de las latas. Esta operación se realiza usando un carrusel giratorio. Los cabezales de la botonera ejercerán una pequeña fuerza para empujar el pulsador sobre el vástago de la válvula. La operación de la tapadora es idéntica, excepto que la función es colocar y presionar hasta que entre una tapa encima de la parte superior de la lata. Al realizar estos procesos, es posible que se produzca un pequeño rociado del producto en la botonera o tapadora cuando los botones o tapas son empujados para alojarse en los bidones. Es por lo que el área de esta etapa es clasificada como **Clase 1, división 1**.



Figura 15. Tapadora. [Fuente: González y Rangel].

#### 4.5.9 Empacadora.

El propósito de la empacadora es envolver con material contraíble las latas y juntarlas en la cantidad correcta para formar los bultos, cubrir los bultos con película plástica y luego contraer la película sobre los bidones para generar un paquete rígido, como se muestra en la figura 16. Esta última etapa se representa como un **área no clasificada**, debido a que no existe una atmósfera potencialmente inflamable.



Figura 16. Máquina empacadora. [Fuente: González y Rangel].

En la siguiente figura se puede observar una representación gráfica de los distintos procesos de la línea de producción para obtener el desodorante en aerosol, el área sombreada con morado corresponde al área clasificada, es decir, las zonas de alto riesgo donde puede ocurrir la fuga del material inflamable.

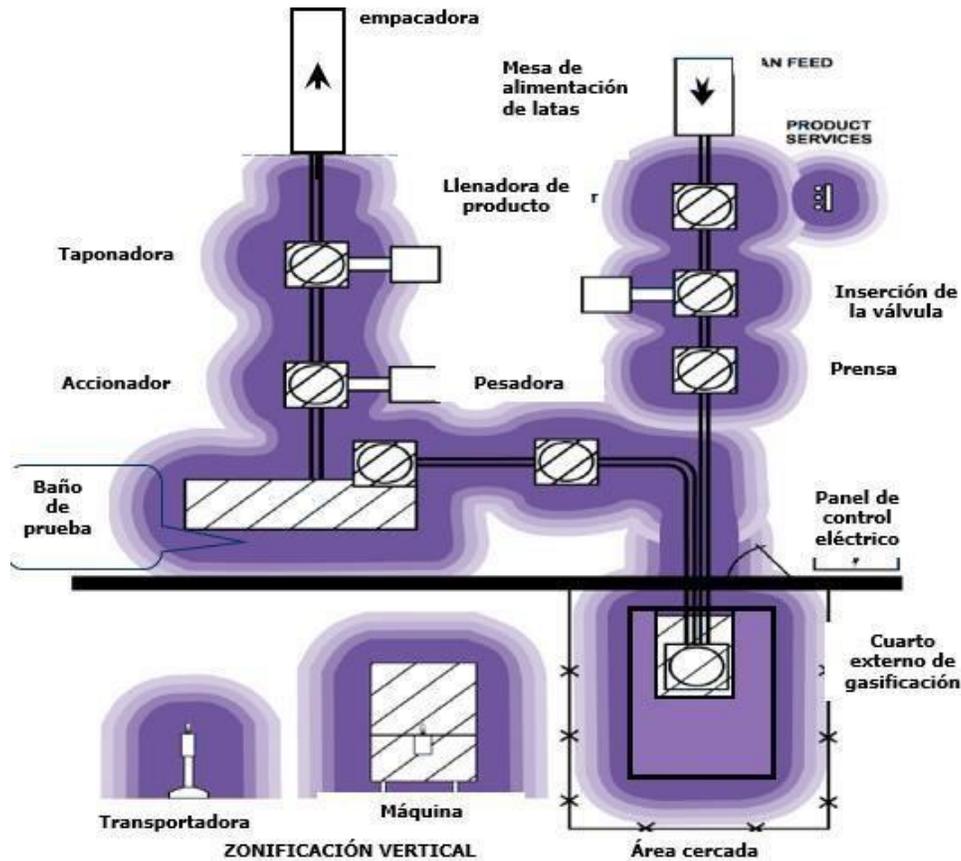


Figura 17. Proceso de producción de desodorantes en aerosol. [Fuente: González y Rangel].

#### 4.6 Selección del Grupo para gases y vapores inflamables.

Dando seguimiento al artículo 500-6 “Áreas peligrosas (Clasificadas) – Grupos de materiales”, una vez obtenida la clase y divisiones del área clasificada, como se trata de una clase 1, donde se usan gases y líquidos inflamables (Gas LP y Etanol), el grupo de la clase 1 corresponde a la siguiente clasificación:

Algunas atmósferas químicas pueden tener características que exijan protección adicional a la exigida para cualquiera de los grupos de la Clase I.

En la línea de producción de desodorantes en aerosol, como se utilizan Gas LP, que se compone de 2 hidrocarburos, (Butano y Propano), y a su vez se utiliza el etanol, estos gases inflamables entran dentro de las especificaciones de los materiales del **Grupo D**. Estos gases cumplen la siguiente característica de acuerdo con el artículo 500-6 para grupos de materiales, Clase 1, **Grupo D**:

Gas inflamable, vapor producido por un líquido inflamable, o vapor producido por un líquido combustible mezclado con aire que puede arder o explotar, que posee, o un valor máximo de abertura de seguridad experimental (MESG) mayor a 0.75 milímetros, o una relación de corriente mínima de ignición (relación MIC) mayor a 0.80.

Para los lugares de la Clase I, la clasificación implica la determinación de la presión máxima de la explosión y de la separación máxima de seguridad entre las partes de una unión con abrazadera en una envolvente. Por lo tanto, es necesario que el equipo esté identificado no solamente para la clase sino también para el grupo específico del gas o vapor que estará presente.

#### **4.7 Selección de Zonas para la clasificación de áreas clasificadas.**

**La Zona 0** se encuentra únicamente en el área de inyección (el cuarto externo de gasificación) que es donde se le inyecta el gas LP a la lata del aerosol, que se haya determinado una Zona 0 significa que es un área donde un gas explosivo, en este caso el Gas LP, se encuentra continuamente presenta por largos periodos de tiempo.

No se recomienda instalar equipos eléctricos en lugares de la Zona 0, a excepción de cuando el equipo sea indispensable para el proceso o cuando no sean viables otros lugares. Si fuera necesario instalar equipos eléctricos en lugares de Clase I, Zona 0, es de vital recomendación instalar equipos a prueba de explosión.

**La Zona 1** se encuentra alrededor del equipo de inyección de gas LP, significa que es un área en donde un gas explosivo se hará presente únicamente durante la operación normal del proceso.

La **Zona 2** se encuentra alrededor de todo el proceso, desde el inicio hasta el final, puesto que desde el inicio del proceso se encuentra presente el Etanol, el cual se le denomina un líquido inflamable. La Zona 2 se refiere a un área donde es poco probable que haya un material explosivo en el ambiente, y en caso de ocurrir, será por un periodo muy corto de tiempo.

El artículo 500 de la Norma Oficial Mexicana referente a áreas peligrosas, menciona la importancia de aplicar el ingenio en el diseño de las instalaciones eléctricas para lugares peligrosos, ya que es muy común ubicar la mayor parte de los equipos en un lugar no clasificado, y así reducir el número de equipos especiales necesarios, esto con el fin de no hacer un gasto en equipos especiales de mayor costo.

### Clasificación de Área de la línea de producción de aerosoles.

Se realizó el plano de la línea de producción indicando Clases, Divisiones y Zonas.

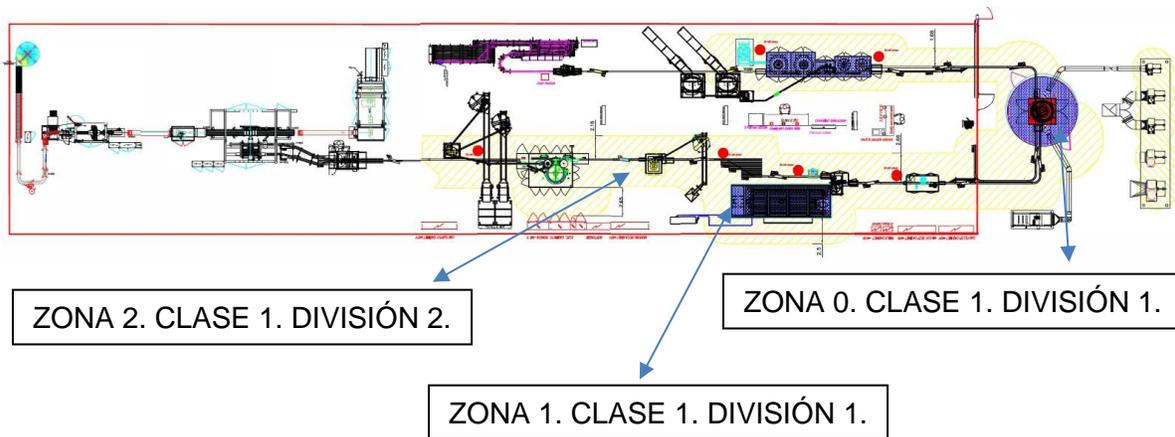


Figura 18. Plano de clasificación de áreas de una línea de producción de aerosoles. [Fuente: González y Rangel.]

De igual forma, se realizó un dibujo en 3 dimensiones en CAD, donde se puede observar de mejor forma la extensión de cada división:

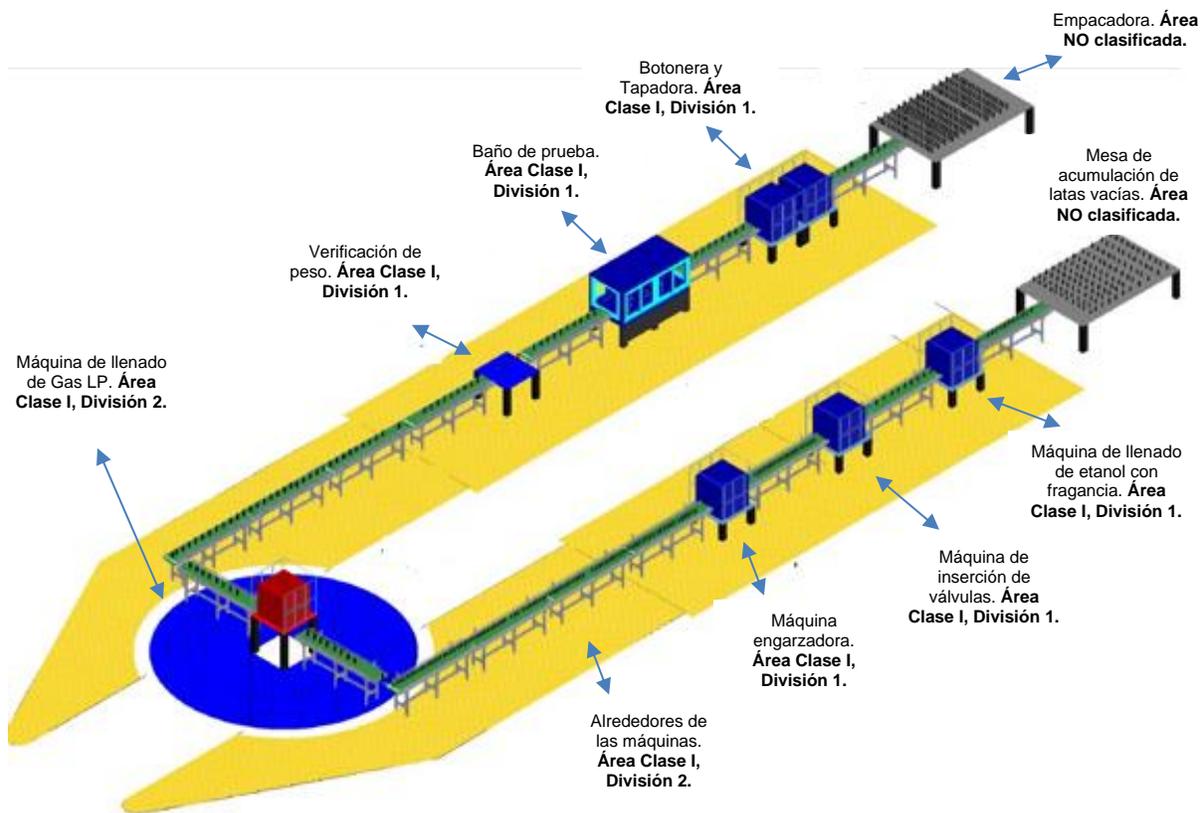


Figura 19. Arreglo general de la clasificación de áreas de la línea de producción de aerosoles, vista SW. [Fuente: González y Rangel].

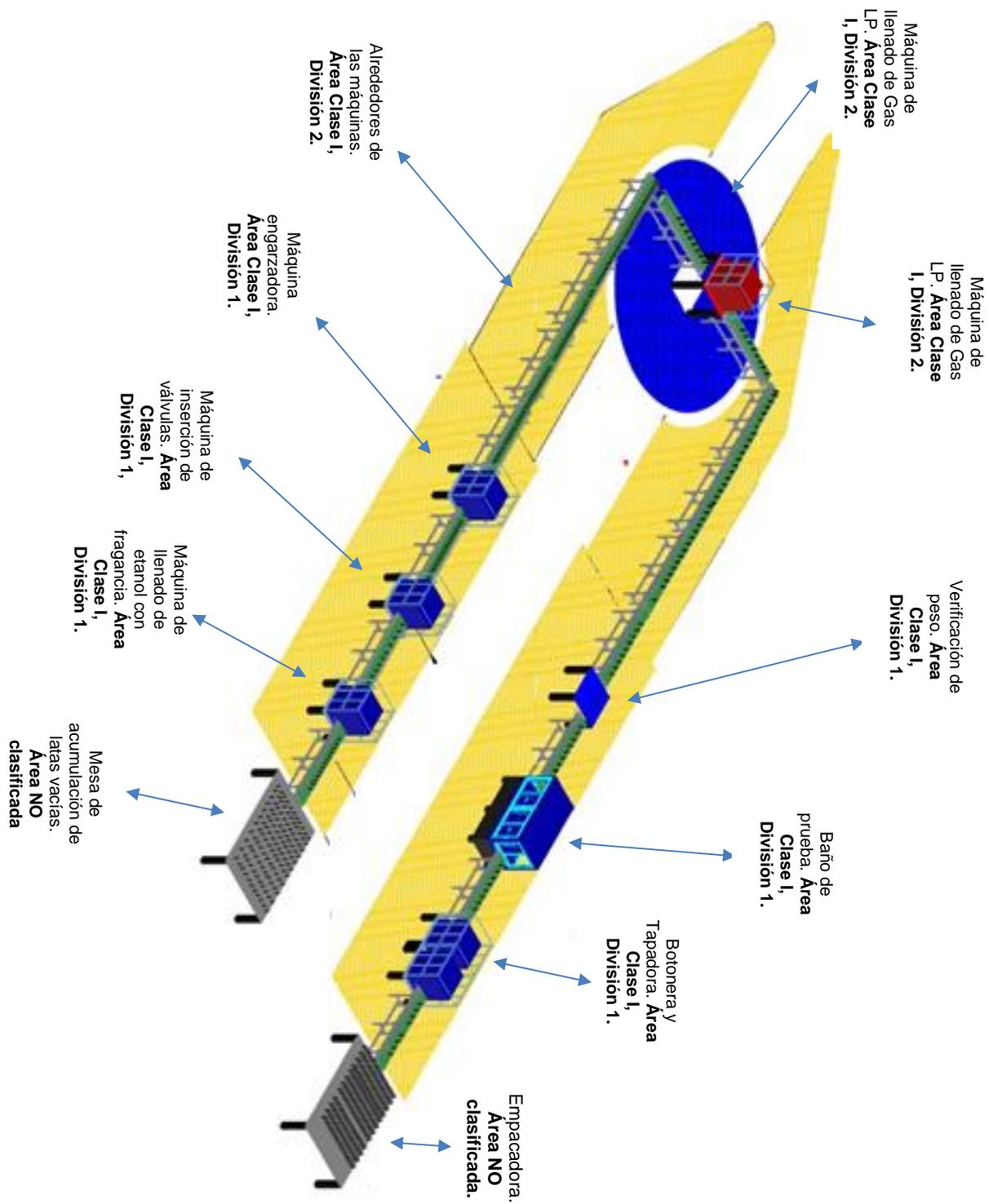


Figura 20. Arreglo general de la clasificación de áreas de la línea de producción de aerosoles, vista SE. [Fuente: González y Rangel].

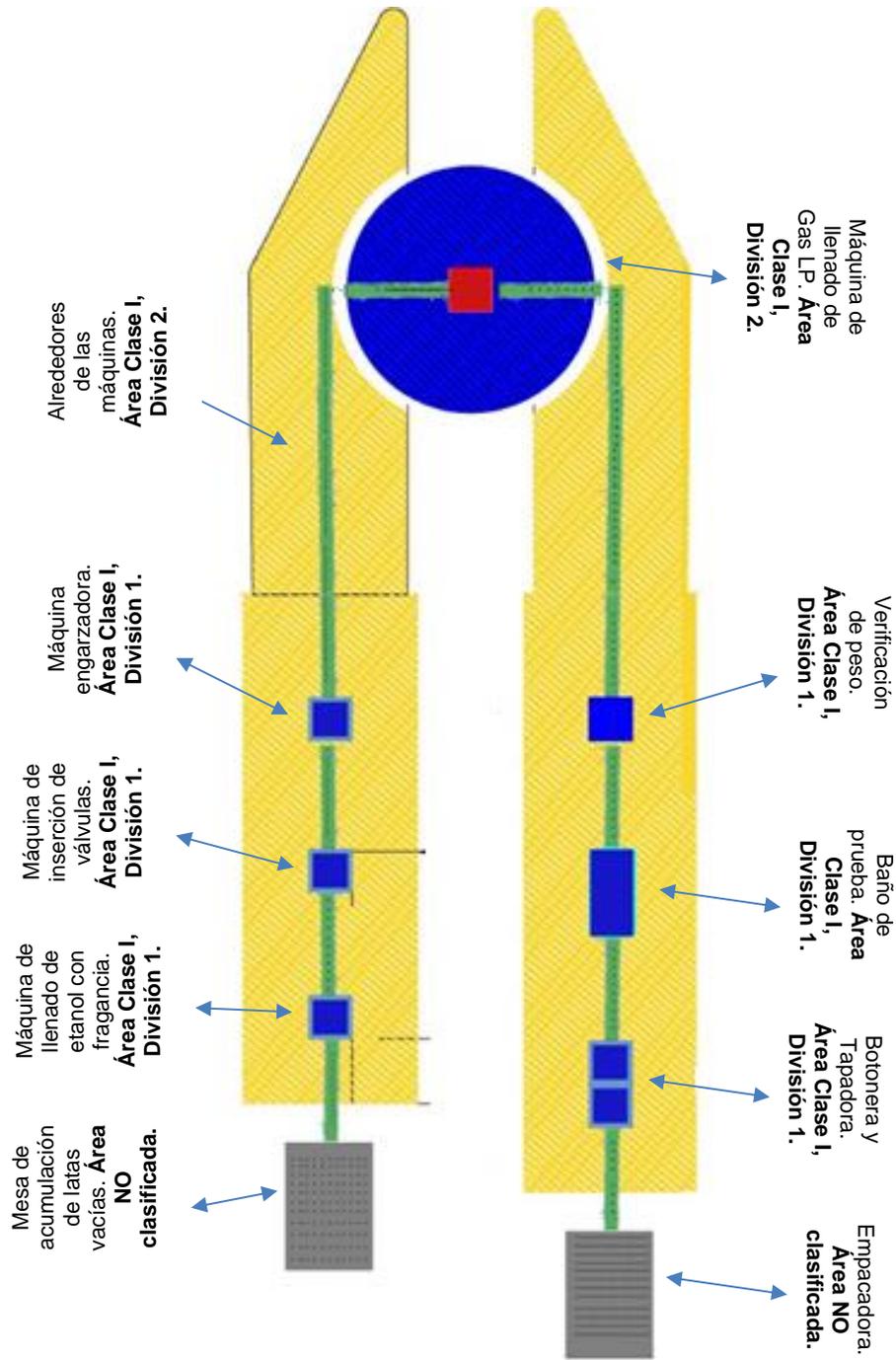
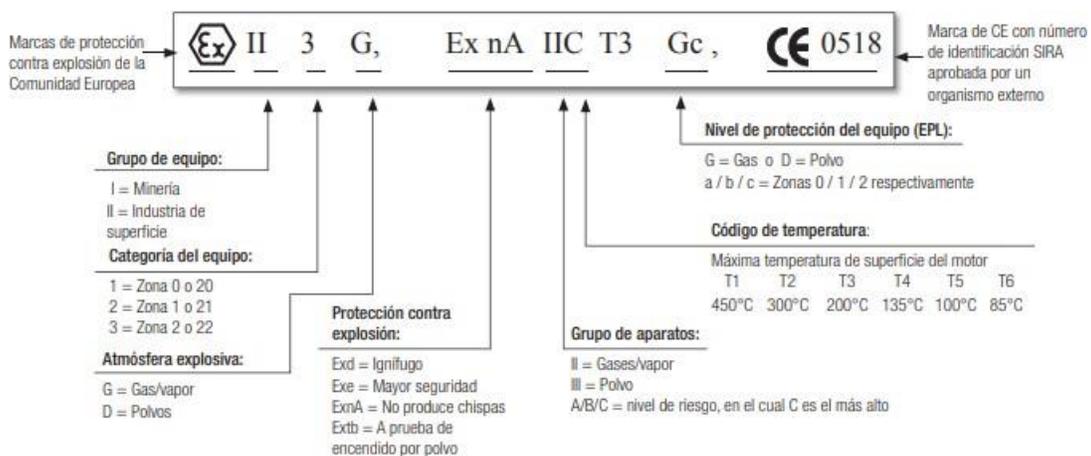


Figura 21. Arreglo general de la clasificación de áreas de la línea de producción de aerosoles, vista superior. [Fuente: González y Rangel].

#### 4.8. Marcado del equipo eléctrico.

Una vez teniendo en cuenta los puntos anteriores tales como, la Clase, la división, el Grupo y la temperatura del equipo a operar según la división para la que fue asignado, se deben marcar este tipo de especificaciones en los equipos instalados dentro del área clasificada. Esto para hacer saber que el equipo instalado cumple con los requerimientos necesarios para operar en un área de alto riesgo, donde se encuentran los gases o vapores inflamables en constante movimiento. Con lo anterior, el marcado debe incluir lo siguiente de acuerdo con el artículo 500-8 (c) de la NOM-001-SEDE-2012:



**Figura 22: Marcado del equipo a prueba de explosión. [Fuente: Catálogo de ABB. Motores NEMA de CA y CC a prueba de explosión].**

**[1] Marca de protección contra explosión de la comunidad europea:** Describe el tipo de equipamiento y ambiente que está permitido para el trabajo dentro una atmósfera explosiva. Este marcado recibe el nombre de **ATEX**. La certificación ATEX identifica las atmósferas explosivas que cumplen con la norma, asegurando que el equipamiento o sistemas de protección cumple su función y que contienen la información necesaria para que dichos equipos o sistemas puedan ser utilizados sin riesgos y con garantía de eficiencia.

**[2] Grupo de equipo:** El grupo que se usará para especificar el área de trabajo donde operará el equipo será el **Grupo II**. El Grupo II se refiere principalmente a la

industria de superficie, e incluye los aparatos destinados al uso en otros lugares en los que puede haber peligro de formación de atmósferas explosivas, ya que el Grupo I se refiere principalmente a la minería, e incluye los aparatos destinados a utilizarse en trabajos subterráneos en minas.

**[3] Categoría del Equipo:** El número en el marcado indica la Zona del lugar donde se instalará dicho equipo y va dependiendo de acuerdo con las 3 Zonas posibles de riesgo a explosión, siendo el marcado 1 para la **Zona 0**, marcado 2 para la **Zona 1** y el marcado 3 para la **Zona 2**. En el ejemplo de la figura 18 se muestra que el equipo a utilizar es un Equipo de categoría 3 para una **Zona 2**, donde es poco probable que haya un material explosivo en el ambiente, y en caso de ocurrir, será por un periodo muy corto de tiempo.

**[4] Atmosfera explosiva:** En cuanto a la atmosfera se define que es de Gases y/o vapores, por lo que en el ejemplo anterior tiene escrita la letra **G**. Si fuera para una atmosfera de polvos inflamables tendría escrita la letra D.

**[5] Protección contra explosión:** Esta es un marcado importante ya que muestra las cualidades del equipo cuando tiene una operación bajo condiciones normales. En el ejemplo anterior tiene un marcado '**ExnA**' Esto quiere decir que la propiedad contra explosión del equipo es **No producir chispas** que sean causantes de una fuente de ignición.

El resto de las propiedades serán las siguientes:

**Exd** = a prueba de fuego.

**Exe** = Mayor seguridad.

**ExnA** = No produce chispas.

**Extb** = A prueba de encendido por polvo.

**[6] Grupo de equipo:** Este marcado indica el Grupo para el cual el equipo está protegido. En este ejemplo se indica un **Grupo II**, para Gases y vapores inflamables.

Adicional al grupo, se acompaña de una letra ya sea **A**, **B** o **C** la cual indica el nivel de riesgo siendo la letra C el nivel más alto. Por lo que finalmente este marcado se expresa como **IIC**, quiere decir que el equipo está protegido para Gases y vapores donde puede existir un alto riesgo de ignición, porque el Gas puede ser fácilmente inflamable.

**[7] Código de temperatura:** Esta temperatura se expresa de acuerdo con la Tabla 7: Clasificación de la temperatura superficial máxima. Este marcado indica la temperatura máxima de superficie de los equipos. En el ejemplo anterior se muestra una clasificación **T3**, esto quiere decir que la temperatura superficial de los equipos instalados en el área clasificada no debe exceder los 200° C que indica la clasificación T3, ya que, si el material inflamable está presente en la atmosfera, y si el equipo opera a dicha temperatura, este equipo se puede convertir en una fuente de ignición para el material inflamable que se esté usando. Es por ello por lo que los equipos no deben rebasar esas temperaturas indicadas en su marcado.

Para los equipos instalados en la línea productora de aerosoles se tendrá en cuenta la instalación de equipo que opere por debajo de las temperaturas de ignición de los Gases y vapores inflamables.

Para **Gas LP** se tiene una temperatura de ignición de **435° C** por lo que el equipo instalado en el área donde puede existir Gas LP debe estar marcado con el código '**T2**' para una temperatura superficial de **300° C**.

Mientras que para el **Etanol** la temperatura de ignición es de **363° C** por lo que el equipo instalado en el área donde puede existir vapores producidos por etanol debe estar marcado con el código '**T2**' para una temperatura superficial de **300° C**.

**[8] Nivel de protección del equipo:** este marcado debe estar escrito por la letra **G**, correspondiente a Gases o vapores inflamables, acompañado de una letra ya sea **a**, **b**, o **c**, que corresponden a las Zonas 0, 1 y 2 respectivamente. Por lo tanto, en el ejemplo anterior se tiene un marcado '**Gc**' que indica que la protección del motor es para un área clasificada donde se utilicen Gases o vapores inflamables para una

Zona 2.

**[9] Marca de CE.** La certificación “CE” asegura que el equipamiento o sistema de protección cumple con su propósito y contiene la información adecuada para asegurar que se puede utilizar sin correr riesgos. El marcado CE significa *European Conformance* y es una marca europea para ciertos productos industriales.

#### **4.8 Selección del equipo eléctrico.**

Para la selección del equipo eléctrico se debe considerar la clasificación del área peligrosa y se deben cumplir con el requisito de instalación a prueba de explosión.

##### **[1] Canalizaciones.**

El cableado de las instalaciones debe ser alojado en su totalidad dentro de canalizaciones eléctricas. La instalación por ser de un Área clasificada dentro de la Clase I, Divisiones 1 y 2 se debe hacer con **Tubo metálico rígido cédula 40 roscada** de acuerdo con la NMX-J-534-ANCE-2008, tal como la figura 23. La sección transversal del tubo debe ser circular con un diámetro nominal de 21 mm (3/4”).

Por ningún motivo podrán instalarse canalizaciones no metálicas dentro de las áreas peligrosas, por lo que únicamente se instalarán canalizaciones metálicas.

La conexión de las canalizaciones a dispensarios, bombas y compresores deberá efectuarse con **Coples flexibles a prueba de explosión** como el de la figura 24, son utilizados para absorber vibraciones y/o movimientos originados por los motores, sustituyen a las tuberías rígidas. Poseen un diseño hermético, a prueba de agua, cuentan con una manga aislante interna que protege a los conductores de la abrasión en condiciones de vibración.



Figura 23 y 24: Canalización Cédula 40 y Cople Flexible a prueba de explosión. [Fuente: [acomee.com.mx](http://acomee.com.mx)]

## [2] Conductores.

Cuando se instalen los conductores dentro del área clasificada en Divisiones 1 y 2, se seguirán los lineamientos siguientes:

- Ningún cable debe ser introducido a la canalización hasta que los trabajos o maniobras, cuya naturaleza sea de riesgo y hayan sido completados.
- Los circuitos deben ser rotulados en registros y tableros donde se conecten, así como los conductores en los tableros, fusibles, alumbrado, motores, etc. La identificación se realizará con etiquetas y/o cinturones de plástico similares.
- Los conductores no estarán expuestos a líquidos, gases o vapores inflamables que tengan efectos dañinos, ni a temperaturas excesivas.
- En tanto sea posible, será preferible y recomendable que los conductores sean de un solo tramo, desde el inicio de la conexión en el cuarto de control eléctrico hasta llegar al equipo al que están suministrando energía.

Los conductores utilizados para el cableado de las instalaciones eléctricas deberán ser del tipo **THWN con cubierta de nylon** (figura 25), 600 Volts.

No se permiten conductores menores al calibre **No. 12 AWG** o menores a 600 volts. Los de control serán de calibre **No. 14 AWG** y estarán identificados correctamente por el fabricante.



**Figura 25: THWN (con cubierta de nylon) Calibre 12 AWG. [Fuente: cartegomart.com]**

### **[3] Cajas de conexiones, de paso y de uniones. (GUA).**

Los cajetines de conexión tienen como función conectar tramos de tubería Conduit permitiendo ramificaciones y cambios de dirección en la canalización, así como proveer acceso a los conductores para su tendido, empalme y mantenimiento.

Los accesorios ubicados dentro del área clasificada Clase I en las Divisiones 1 y 2, serán en su totalidad a prueba de explosión, tendrán tapa roscada de gran diámetro para máximo acceso al interior y tendrán rosca para su conexión con el tubo, por lo menos con cinco vueltas completas de rosca, no permitiéndose el uso de roscas corridas y se aplicará un compuesto sellador especial.

Estos accesorios de conexión estarán completos y no presentarán daños en las entradas ni agrietamientos en el cuerpo de estos y deberán estar sellados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Las cajas de conexiones tendrán el espacio suficiente para permitir la introducción de los conductores en las canalizaciones sin ninguna dificultad (figura 26 y 27).

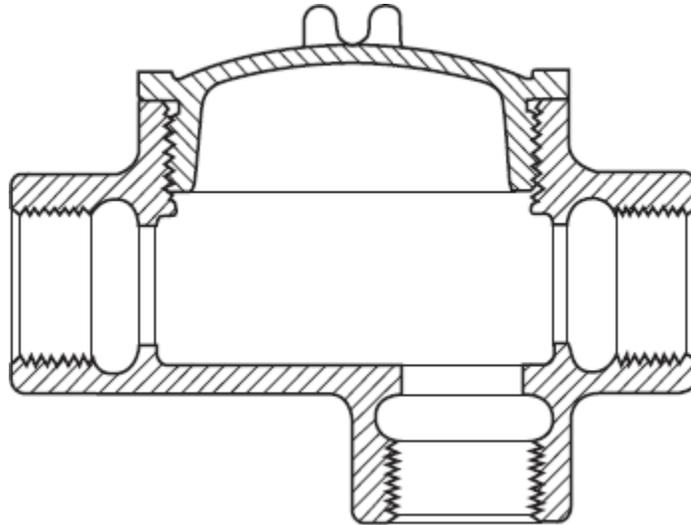


Figura 26: Esquema interno de una caja de conexiones. [Fuente: Catálogo EXCEL C.A]



Figuras 27: Caja de conexiones y Condulet a prueba de explosión. [Fuente: cajasapruebadexplosion.com]

#### [4] Sellos eléctricos a prueba de explosión.

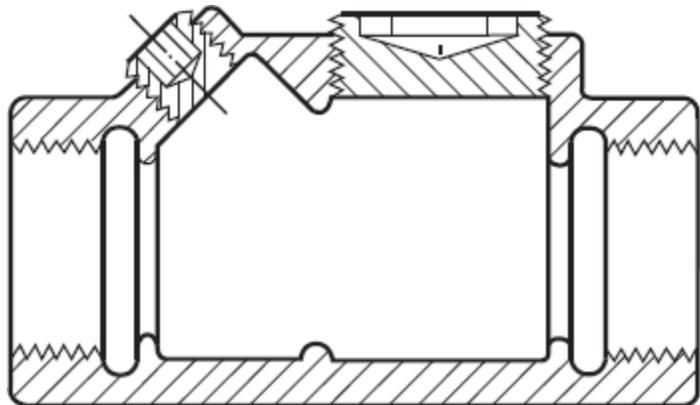
Los sellos cortafuegos son aptos para áreas clasificadas solo cuando son usados con el compuesto sellador en su interior. Estos confinan una posible explosión en el interior de la caja o equipo sellado. También, otra de sus funciones es la de evitar el efecto de precompresión que se produciría de originarse una llama en un punto de la canalización lejano a una caja, viajando hacia esta y creando excesivas presiones de explosión en esa caja.

Los sellos eléctricos se conectarán a las canalizaciones que por su localización sean del tipo a prueba de explosión y que contengan conductores eléctricos capaces de producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas (figura 28).

Los sellos se instalarán a una distancia máxima de 45 cm de las cajas de conexiones. No existirá ningún otro dispositivo de unión o accesorio de conexión entre la caja y el sello.

Cuando las canalizaciones entren o salgan de áreas con clasificaciones diferentes, el sello eléctrico se colocará en cualquiera de los dos lados de la línea límite, de tal manera que los gases o vapores que puedan entrar en el sistema de tubería dentro del lugar peligroso no pasen a la canalización que está más allá del sello. No existirá ningún tipo de unión, accesorio o caja entre el sello y la línea límite.

Se aplicará al sello eléctrico un compuesto sellador (figura 29) adecuado para impedir la filtración de fluidos y humedad al aislamiento exterior de los conductores eléctricos. El tapón formado por el compuesto sellador no podrá ser afectado por la atmósfera o los líquidos circundantes y tendrá un punto de fusión de 93 °C como mínimo. El espesor del compuesto sellante será por lo menos igual al diámetro de la tubería, pero en ningún caso menor a 16 mm. Se recomienda instalarlos en tuberías que pasen de un área a otra.



**Figura 28. Esquema interno de un sello cortafuegos. [Fuente: Catálogo EXCEL C.A]**



**Figura 29: Sellos eléctricos a prueba de explosión y sellador con propiedades ignífugas.**  
[Fuente: insugec.com]

#### **[5] Motores a prueba de explosión.**

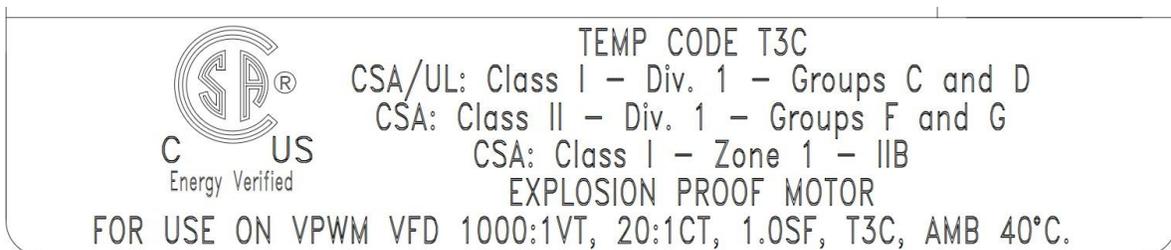
De acuerdo con el Art. 501-124 a) de la NOM-001-SEDE-2012. En las áreas Clase I, División 1, los motores, generadores y otras maquinarias eléctricas rotatorias deben cumplir con cualquiera de las siguientes condiciones:

- Estar identificados para áreas Clase I, División 1 (figura 30).
- Ser del tipo completamente cerrado y con ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio y con descarga a un área segura, dispuesta para impedir que la máquina se energice hasta que la ventilación haya sido establecida y la envolvente haya sido purgada con diez veces el volumen del aire cuando menos y con un dispositivo que desenergice el equipo automáticamente en caso de falla del sistema de ventilación.
- Ser del tipo totalmente cerrado lleno de gas inerte con una fuente adecuada y segura de gas inerte para presurizar la envolvente, con dispositivos para asegurar una presión positiva en la envolvente y con un dispositivo que desconecte el equipo automáticamente cuando falle el suministro de gas.
- Diseñado para estar sumergido en un líquido que sólo sea inflamable cuando se vaporice y se mezcle con el aire, o en un gas o vapor a una presión mayor que la atmosférica y que es inflamable únicamente cuando se mezcla con aire; la máquina debe estar dispuesta para impedir que se energice mientras

no haya sido purgada con el líquido o gas para desalojar el aire y que además se desenergice automáticamente el equipo, cuando falle el suministro del líquido, gas o vapor o que la presión se reduzca hasta la presión atmosférica.

Los motores totalmente cerrados (figura 31) no deben tener ninguna superficie externa a una temperatura de operación mayor que 80 por ciento de la temperatura de ignición, de los gases o vapores involucrados. Deben instalarse dispositivos apropiados para detectar cualquier incremento de temperatura del motor más allá del límite de diseño y que desenergicen automáticamente al motor o hagan operar una alarma adecuada.

En áreas Clase I, División 2, se permite el empleo de motores abiertos o cerrados que no sean a prueba de explosión, tales como motores de inducción de jaula de ardilla, sin escobillas, mecanismos de conexión y desconexión, u otros dispositivos similares que produzcan arcos eléctricos; aunque no estén identificados para Clase I, División 2 de acuerdo con el artículo 501-125(b) Motores y Generadores.



**Figura 30: Especificaciones para un motor a prueba de explosión para Clase I, División 1. Grupos C y D. [Fuente: static.weg.net]**



**Figura 31: Ejemplo de un motor a prueba de explosión para Clase I, División 1. [Fuente:**

## **[6] Luminarias a prueba de explosión.**

En el área clasificada en el sistema de iluminación utilizado se deben tomar en cuenta el uso de luminarias HID (High Intensity Discharge) con características de diseño y una construcción especial (figuras 32 y 33).

Para toda el área clasificada las luminarias que se especifiquen deben cumplir con características de construcción y operación especiales, que permitan garantizar la seguridad de usuarios y de las instalaciones que requieren ser iluminadas.

Las luminarias para aplicaciones interiores o exteriores en áreas como peligrosas deben estar diseñadas y contraídas específicamente para:

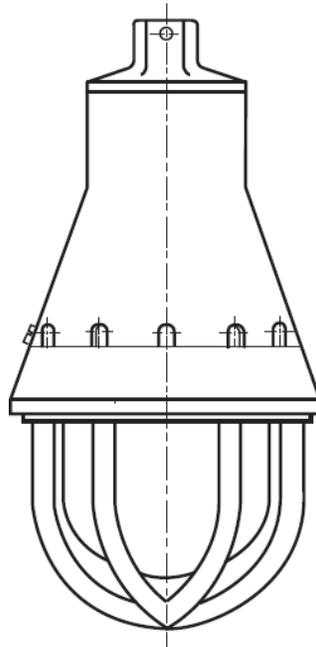
- Resistir una explosión interna sin alterar o modificar sus características evitando la transmisión de chispas o flamas hacia el exterior.
- Permitir que los gases que son producto de una explosión interna sean enfriados para ser desalojados con una temperatura que no provoque una explosión externa.
- Operar a una temperatura máxima en la superficie del conjunto óptico y módulo de potencia (cámara porta balastro), que no alcance la temperatura de ignición del Gas combustible que se encuentre presente.

Las luminarias para aplicaciones interiores o exteriores en el área clasificada como peligrosa deben tener las siguientes características:

- Carcasa y tapa fabricadas en fundición de aluminio inyectada en alta presión con un porcentaje menor de 0.4% de cobre. Acabado de pintura de resina poliéster en polvo aplicada mediante proceso electrostático, que proporciona una alta resistencia de corrosión.
- Módulo de potencia (cámara porta balastro que proporciona una alta disipación de la temperatura generada por el balastro.
- Refractor de vidrio borosilicato resistente a choques térmicos e impactos mecánicos.
- Guarda protectora del refractor fabricada en fundición de aluminio inyectada en alta presión (para bajas potencias de lámpara) o en acero cubierto con

cadmio (para altas potencias de lámpara).

- Versatilidad de tapas que permiten el montaje de la luminaria de formas colgante, a techo, en pared o punta de poste.
- Empaques de larga vida útil que aseguran una alta hermeticidad entre la tapa, el módulo de potencia (cámara porta balastro) y el conjunto óptico.
- Operación de lámparas HID (High Intensity Dircharge) – Descarga de alta intensidad de aditivos Metálicos de 175, 250 o 400 watts y de vapor de sodio en alta presión de 70, 100, 150, 250 o 400 watts.
- Bloque de conexiones para alimentación de energía eléctrica al balastro que sirve como sello electromecánico entre la entrada superior de la tapa y el módulo de potencia (cámara porta balastro).
- El conjunto óptico y módulo de potencia (cámara porta balastro) son totalmente sellados con lo que se asegura una lata hermeticidad al ingreso de partículas sólidas y líquidas.



**Figura 32: Dibujo de una luminaria para áreas clasificadas. [Fuente: Catálogo EXCEL C.A]**



Figura 33: Luminaria industrial a prueba de explosión. [Fuente: [www.rawelt.com.mx](http://www.rawelt.com.mx)]

### [7] Puesta a tierra y unión en lugares clase I, divisiones 1 y 2.

De acuerdo con el artículo 501-30 de la NOM-001-SEDE-2012 el alambrado y equipo en lugares Clase I, Divisiones 1 y 2 deben ser puestos a tierra según se especifica en el **Artículo 250** y de acuerdo con los puntos siguientes:

**Unión.** Unión es la conexión permanente de partes metálicas que no lleva corriente normalmente, que forma una trayectoria eléctricamente conductora, que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente a la que puedan estar sometidas.

La unión indica que se debe realizar una conexión entre partes metálicas de los equipos eléctricos, como son envolventes, gabinetes, cajas, canalizaciones, charolas porta cables, así como canales auxiliares y ductos metálicos. La unión entre las partes metálicas se debe realizar por medio de accesorios, coples y conectores adecuados, bien asegurados por medio de herramientas que garanticen una adecuada continuidad eléctrica entre dichas partes.

La unión es un elemento importante debido a que, por ella, en caso de que ocurra una falla a tierra en la instalación eléctrica, circulará una corriente alta de falla a tierra. En el caso de que la unión no se haya realizado adecuadamente, al circular la corriente de falla a tierra, puede que se produzca un arco eléctrico, el cual será peligroso por producir una temperatura alta, y si alrededor existe una atmosfera explosiva por Gases o vapores del Etanol es probable que se inicie un incendio y provocar daño al personal y a los equipos.

En donde se realicen las conexiones de puesta a tierra se deben de limpiar las superficies (de los envolventes, gabinetes, cajas) para realizar una unión efectiva. Esto es que los recubrimientos no conductores como pintura o esmalte en los equipos que van a ser puestos a tierra se deben remover de las roscas y de las otras superficies de contacto para asegurar una buena continuidad eléctrica, o se deben conectar por medios o herrajes diseñados para hacer innecesaria la remoción de estos recubrimientos.

Los métodos permitidos para la conexión de los conductores de puesta a tierra (figura 34), los conductores del electrodo de puesta a tierra y los puentes de unión

- Conectores a presión
- Barras terminales
- Conectores a presión aprobados para puesta a tierra de equipos y para unión
- Procesos de soldadura exotérmica
- Abrazaderas tipo tornillo que enrosquen por lo menos dos hilos o que se aseguren con una tuerca
- Pijas que entren, cuando menos, dos hilos en la envolvente
- Conexiones que son parte de un ensamble
- Otros medios aprobados

La NOM-001-SEDE-2012 no permite que se utilicen dispositivos de conexión o accesorios que dependan únicamente de soldadura de bajo punto de fusión. Esto se debe a que dicha soldadura se fundiría con el paso de la corriente de falla a tierra y provocaría una situación de riesgo.

Para los electrodos de puesta a tierra de una instalación eléctrica (figura 35) el valor de la resistencia a tierra, de acuerdo con la sección 250-50 de la NOM-001-SEDE-2012, deberá estar comprendido entre 0 y 25 ohms.

Cuando un electrodo de puesta a tierra tipo varilla, tubería o placa tiene una resistencia a tierra de 25 ohms o menos, no se requerirá que se instale un electrodo de puesta a tierra adicional.



Figura 34: Ejemplo de un sistema de puesta a tierra. [Fuente: msinet.com.ar]



Figura 35: Componentes de un sistema de puesta a tierra. [Fuente: www.elvatron.com]

## [8] Tableros

Los tableros o gabinetes que se utilicen para la distribución de redes de energía y protección de los circuitos a motores, válvulas, bombas, iluminación, hornos, etc. Deberán ser mínimo de tipo NEMA 7 para Áreas Clase I. Los NEMA 7 son gabinetes diseñados para cumplir requerimientos a prueba de explosiones. Son para uso en interiores en áreas clasificadas como Clase I, Grupos A, B, C o D. Diseñados para ser capaces de soportar presiones resultantes de una explosión interna de gases y contener una explosión, tal que la mezcla gas-aire existente en la atmósfera que rodea el gabinete no se inflamará.

#### 4.9 Distancias de Seguridad recomendadas.

Para las áreas de Clase I, como se manejan Gases y líquidos que producen vapores, como es el caso del Gas LP y el Etanol, debe aplicar la Tabla 515-3 de la NOM-001-SEDE-2012 para diseñar y clasificar la línea productora de desodorantes en aerosol. Áreas de Clase I no deben extenderse más allá de un piso, una pared, techo u otras divisiones que sean sólidas que no tengan aberturas de comunicación.

**Tabla 8. Clasificación eléctrica de las áreas**

<b>Lugar</b>	<b>NOM, Clase I, División.</b>	<b>Zona</b>	<b>Extensión de área clasificada.</b>
Equipo interior cuando puedan existir mezclas inflamables de aire - vapor bajo funcionamiento normal.	1	0	La totalidad del área asociada con dicho equipo cuando hay gases o vapores inflamables continuamente o por largos periodos de tiempo.
	1	1	Área dentro de 1.50 metros de cualquier borde de tal equipo, que se extiende en todas las direcciones.
	2	2	Área entre 1.5 y 2.5 metros de cualquier borde de tal equipo, que se extiende en todas las direcciones; también el espacio hasta 90 centímetros por encima del piso o el nivel del suelo desde 1.50 hasta 7.50 metros horizontalmente desde cualquier borde del equipo.

#### 4.10 Equipo de Seguridad Personal.

##### [1] Uso personal de casco de seguridad.

Un casco de protección para la industria (figura 36) es una prenda para cubrir la cabeza del usuario, que está destinada esencialmente a proteger la parte superior de la cabeza contra heridas producidas por objetos que caigan sobre el mismo.

Para conseguir esta capacidad de protección y reducir las consecuencias destructivas de los golpes en la cabeza, el casco debe estar dotado de una serie de elementos cuyo funcionamiento conjunto sea capaz de cumplir las siguientes condiciones:

- Limitar la presión aplicada al cráneo, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible.
- Desviar los objetos que caigan, por medio de una forma adecuadamente lisa y redondeada.
- Disipar y dispersar la energía del impacto, de modo que no se transmita en su totalidad a la cabeza y el cuello.



Figura 36: El Casco de Seguridad y sus partes. [Fuente: [www.soefecpp.com](http://www.soefecpp.com)]

## [2] Calzado de Seguridad dieléctrico.

Los zapatos dieléctricos (figura 37) son de gran ayuda para aislar la corriente eléctrica en un área de trabajo determinada. Cuando un trabajador los usa, puede reducir las posibilidades de salir afectado por alguna falla eléctrica.

Al ser un equipo de protección personal muy importante, es importante conocer qué son, por qué son tan útiles y en qué momentos usar zapatos de seguridad dieléctricos.

Están diseñados principalmente para evitar que circule electricidad por el cuerpo del trabajador cuando tiene un contacto accidental con algún equipo energizado. Básicamente son equipos de protección individual que permiten aislar la corriente eléctrica.

Normalmente son exigidos en actividades donde el trabajador debe estar expuesto a corriente eléctrica. También en lugares donde hay presentes tensiones de paso y toque.

Por otro lado, son de vital importancia para disminuir alguna descarga eléctrica en instalaciones o lugares donde pueda existir una explosión por fallas eléctricas.



Figura 37: Calzado de seguridad dieléctrico. [Fuente: redsuministros.com]

### [3] Talonera antiestática.

La talonera antiestática (Figura 38) es de uso rudo y lavable, diseñada especialmente para prevenir riesgos por descargas electrostáticas. Es ajustable a cada tipo de calzado estándar, establece la conexión a tierra de la persona a través del calzado y del pavimento conductivo o disipativo.

Es recomendable usar dos taloneras, una en cada pie, para un mejor desempeño. Es ideal para trabajos donde se requiere movilidad. Duraderas y resistentes al desgaste. Además, las taloneras antiestáticas permiten que la electricidad estática se transmita desde los trabajadores que las llevan hasta el piso.

El listón conductivo debe ponerse en contacto con la piel del usuario, por lo tanto, se asegura un camino de drenaje de la carga estática corporal.

Consideraciones:

- El listón conductivo debe ponerse en contacto con la piel del usuario, con lo cual se asegura un camino de drenaje de la carga estática corporal.
- Elástico en la unión de la talonera, el cual sirve para un mejor ajuste al calzado.
- Colocación ambidiestra.
- Resistente, lavable y reusable.



Figura 38: Colocación de talonera en calzado dieléctrico. [Fuente: srseguridad.com]

# **CAPITULO V.**

## **Aspectos Económicos.**

## 5.1. ESTUDIO ECONÓMICO

En este trabajo se realizó un estudio económico, debido a que al momento de diseñar una instalación eléctrica en áreas clasificadas se deben utilizar equipos más robustos y especiales. Es muy importante tomar en cuenta el presupuesto con el que se cuente para construirla, a continuación, se hará una comparación económica de equipos y accesorios tanto para una instalación común (área no peligrosa) como para una instalación en un área clasificada.

El presupuesto, definido como el cálculo, planificación y formulación anticipada de los gastos e ingresos de una actividad económica. Es un plan de acción dirigido a cumplir con un objetivo previsto, para este caso, realizar el diseño de una instalación eléctrica en áreas clasificadas de Clase I.

**Tabla 9. Comparativo de precios entre equipo y accesorios eléctricos comunes contra equipos especiales para área clasificada.**

<b>EQUIPO</b>	<b>Área NO clasificada</b>	<b>Área Clasificada</b>
<b>Motor 10 HP</b>	<b>\$13,299 MXN</b>	<b>\$49,760 MXN</b>
<b>Condulet 1"</b>	<b>\$65 MXN</b>	<b>\$917 MXN</b>
<b>Compuesto sellador</b>	<b>N.A</b>	<b>\$634.57 MXN</b>
<b>Cople flexible</b>	<b>N.A</b>	<b>\$3,006 MXN</b>
<b>Luminaria industrial 150 W</b>	<b>\$2,250 MXN</b>	<b>\$32,700 MXN</b>
<b>Desconectador 40A</b>	<b>\$3200 MXN</b>	<b>\$26,930 MXN</b>
<b>Gabinete</b>	<b>\$1,245 MXN</b>	<b>\$61,500 MXN</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$20,059 MXN</b>	<b>\$175,447.57 MXN</b>
<b>IVA 16%</b>	<b>\$3,209.44 MXN</b>	<b>\$28,071.61 MXN</b>
<b>TOTAL (más IVA)</b>	<b>\$23,268.44 MXN</b>	<b>\$203,519.18 MXN</b>

Se puede observar la gran diferencia que existe en los precios al comparar equipo y accesorios para una instalación común en un área no clasificada, con los precios que tienen los equipos para áreas clasificadas, los precios de un equipo diseñado para funcionar en una atmósfera explosiva son de hasta 10 veces más que los equipos comunes.

#### **5.1.1 Costos por mano de obra.**

Es uno de los trabajos más comunes de los ingenieros electricistas, es estar capacitado para ubicar e instalar una amplia gama de equipos eléctricos y/o electrónicos, instalar, alterar, reemplazar, reparar y mantener cualquier tipo de equipos de control, componentes de iluminación y de distribución eléctrica asegurándose que su operación sea ecológicamente responsable.

Además, se puede conectar equipos de audio y comunicación o dispositivos de climatización y señalización a la electricidad y detectar y reparar cualquier tipo de fallo. Al tratarse de una instalación eléctrica a prueba de explosión requiere todos los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEDE-2012, esto incluyendo los lineamientos de seguridad tanto para los ingenieros que operan los equipos, como los equipos mismos. Los costos por mano de obra varían considerablemente al de una instalación eléctrica común que no requiere ninguno de los equipos especiales indicados en este manual. Este tipo de instalaciones especiales, con la instalación de los equipos mencionados en Capítulo 4, Sección 9 (Selección del equipo eléctrico) tales como, las canalizaciones, conductores, cajas de conexiones, sellos eléctricos a prueba de explosión, motores a prueba de explosión, luminarias a prueba de explosión, entre otros equipos, y con las dimensiones especificadas anteriormente en el complejo de la planta de aerosoles, tiene un costo aproximando mínimo de **\$783,000.00 MXN (más el 25% por diseño de Ingeniería)** El precio irá variando, dependiendo de las necesidades y adecuaciones que se deberán realizar en la planta de aerosoles, ya sea que requiera de menos o de mas elementos en su composición eléctrica.

#### **5.1.2. Beneficios de la instalación eléctrica a prueba de explosión**

### **5.1.3. Mantenimiento recurrente en la instalación eléctrica.**

Ahora más que nunca, las instalaciones eléctricas de las plantas con uso de materiales altamente explosivos se convierten en un elemento esencial muy recurrente por la demanda de productos en el mercado, es por ello por lo que las plantas que utilicen este tipo de materiales deben tener una confiabilidad máxima en sus instalaciones eléctricas. Por eso, si el sistema eléctrico ya era importante en nuestras comunidades, lo es cada vez más.

Un mantenimiento profesional es importante en las plantas de instalaciones eléctricas a prueba de explosión al igual que en instalaciones comunes y debe ser programado cada cierto tiempo, será un elemento cada vez más recurrente en el mantenimiento de las plantas de empresas que lo requieran para seguir produciendo sus productos y exportarlos al mercado.

Existen diferentes casos y problemáticas dentro de las instalaciones eléctricas de las plantas de producción , principalmente en función de la edad de las instalaciones y los edificios.

Será la edad de estas instalaciones la que determinará cuáles son las prioridades o cuáles son los elementos que pueden dar más problemas.

### **5.1.4. Reducción de peligro por incendios.**

Alrededor del 20% de los incendios en plantas de producción se deben a fallos en las instalaciones eléctricas. Se puede reducir su incidencia realizando un mantenimiento periódico de la instalación y así prevenir posibles fallos de gravedad.

La mayoría de los edificios que cuentan con entre 30 y 40 años no cumplen con el actual Reglamento de Baja Tensión (R.B.T.), lo que puede provocar sobrecargas, cortocircuitos y, seguidamente, un posible incendio.

## CONCLUSIÓN

Los procesos de la fábrica de aerosoles representan un riesgo tanto para las personas como para el equipo, pudiendo haber una explosión o incendio en caso de no tratarse con la debida atención, es por lo que desde el diseño y la selección de equipo eléctrico deben participar no solo especialistas en el área eléctrica, sino también personal que conozca de manera profunda los elementos y materiales que existen, además del proceso de producción.

Se establecieron aquellos conceptos básicos para que el proyecto sea lo más legible, para posteriormente apegarse al marco normativo y establecer los requerimientos necesarios para la clasificación del área peligrosa donde los puntos de clasificación tales como la Clase, la División, la Zona, el agrupamiento de materiales y la clasificación por temperatura son parte fundamental para la selección del equipo que se usa dentro de un área clasificada.

Entre los aspectos más importantes al seleccionar el equipo en áreas clasificadas adecuado a ser utilizado los procesos de elaboración del desodorante en aerosol, está realizar un minucioso estudio del área, como el tipo de materiales inflamables involucrados en dicho proceso de elaboración, las distancias mínimas de seguridad requeridas para la instalación del equipo, siendo no solo trabajo del ingeniero electricista, sino de un equipo multidisciplinar de profesionales, como lo podrían ser ingenieros industriales, químicos, de mantenimiento y de seguridad industrial, dando lugar a una exacta selectividad de los equipos dentro de la clasificación descrita. Esta actividad trae beneficios importantes, una serie de ventajas en cuanto a seguridad, durabilidad y confiabilidad de los equipos instalados.

Durante el desarrollo de este manual para el diseño de una instalación eléctrica de Clase I, uno de los principales retos que se enfrentaron fue al momento de determinar la extensión de las Divisiones 1 y 2 del área clasificada, debido a que en la NOM-001-SEDE-2012 no hay un ejemplo específico para áreas como una línea

de producción de desodorantes en aerosol, existen otro tipo de áreas de las que se pueden tomar sus distancias como referencia, por ej. Las gasolineras, que regidas por el Art. 514 de la NOM-001-SEDE-2012 especifican por lo menos 6 metros de distancia para la División 2, pero ciertamente en este tipo de lugares los controles de limitación de alcance de los líquidos y gases inflamables son mucho menores que en la planta de desodorantes en aerosol que se trabajó, es por esto que se toma el Art. 515 para determinar la distancia de 1.5 metros alrededor de los equipos, ya que en esta siempre se encierran estos materiales peligrosos dentro de recintos que limiten al máximo su esparcimiento o una posible fuga, a diferencia de una gasolinera donde recurrentemente hay desperdicios y goteo de líquidos inflamables.

Ciertamente el trabajo se enfocó en una línea de producción de aerosoles, pero este manual de igual forma se puede aplicar para otro tipo de plantas que se dediquen a la manufactura de productos similares con gases o líquidos inflamables.

Se cumple el objetivo, se realizó con éxito un manual con los requerimientos técnicos para clasificar un área peligrosa de una línea de producción de aerosoles y de igual forma, seleccionar el equipo eléctrico a utilizar dentro de ella. Logrando el cometido del diseño del manual esto gracias, a que se consideran los materiales inflamables que circulan por dicha línea productora de aerosoles como lo son el Gas LP y el Etanol, materiales altamente inflamables y algunas de las propiedades más importantes entre ellas sus puntos de inflamabilidad, temperatura de ignición y de autoignición.

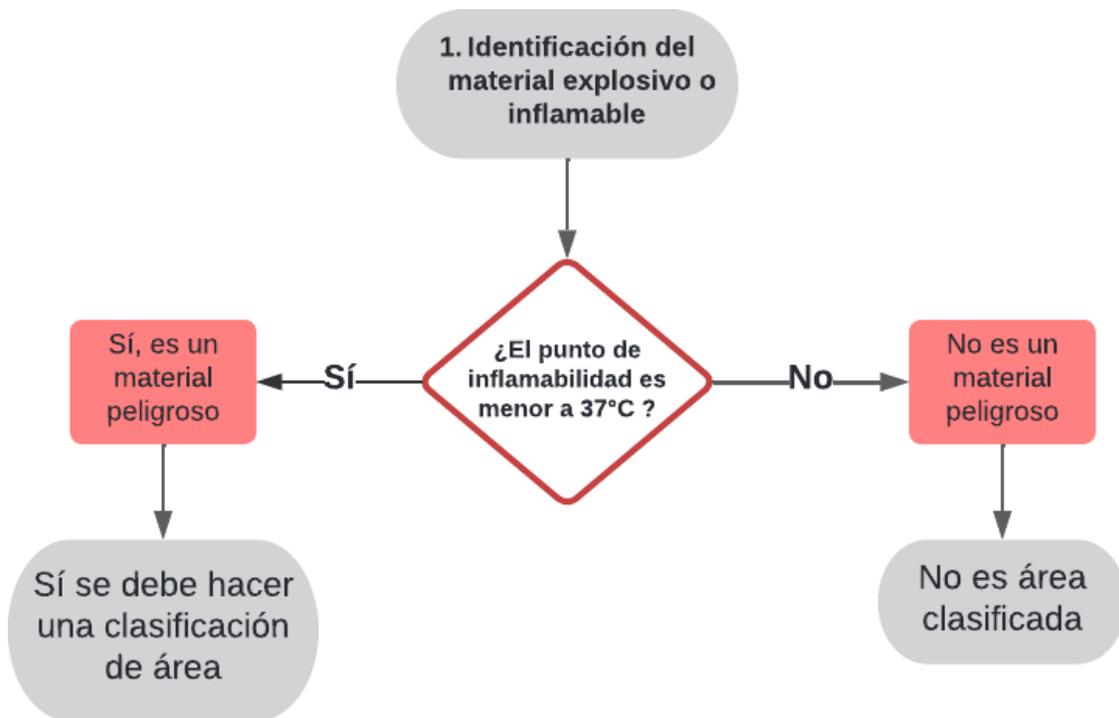
En ocasiones, las plantas que utilicen algún material inflamable no quedan exentas de la exposición a la que se encuentren por el uso de este tipo de compuestos explosivos, pero con un marco legal, que estipule los requerimientos técnicos presentes, como los que se estipulan en este manual, se reducen al mínimo los riesgos que pueden llegar a presentarse dentro un área clasificada.

Aplicando los conocimientos necesarios en el diseño y clasificación de áreas peligrosas, de la mano con este manual, a menudo será posible ubicar la mayor parte de los equipos a utilizar en un área de menor riesgo dentro de la clasificación, como un área de Clase I, División 2, Zona 2, o incluso fuera de la extensión del área clasificada y así reducir el número de equipos especiales necesarios. De esta forma se reducen de forma muy considerable los costos, ya que los equipos que se pueden utilizar fuera del área clasificada son de menor costo que los equipos que se usan dentro del área clasificada.

# **ANEXOS**

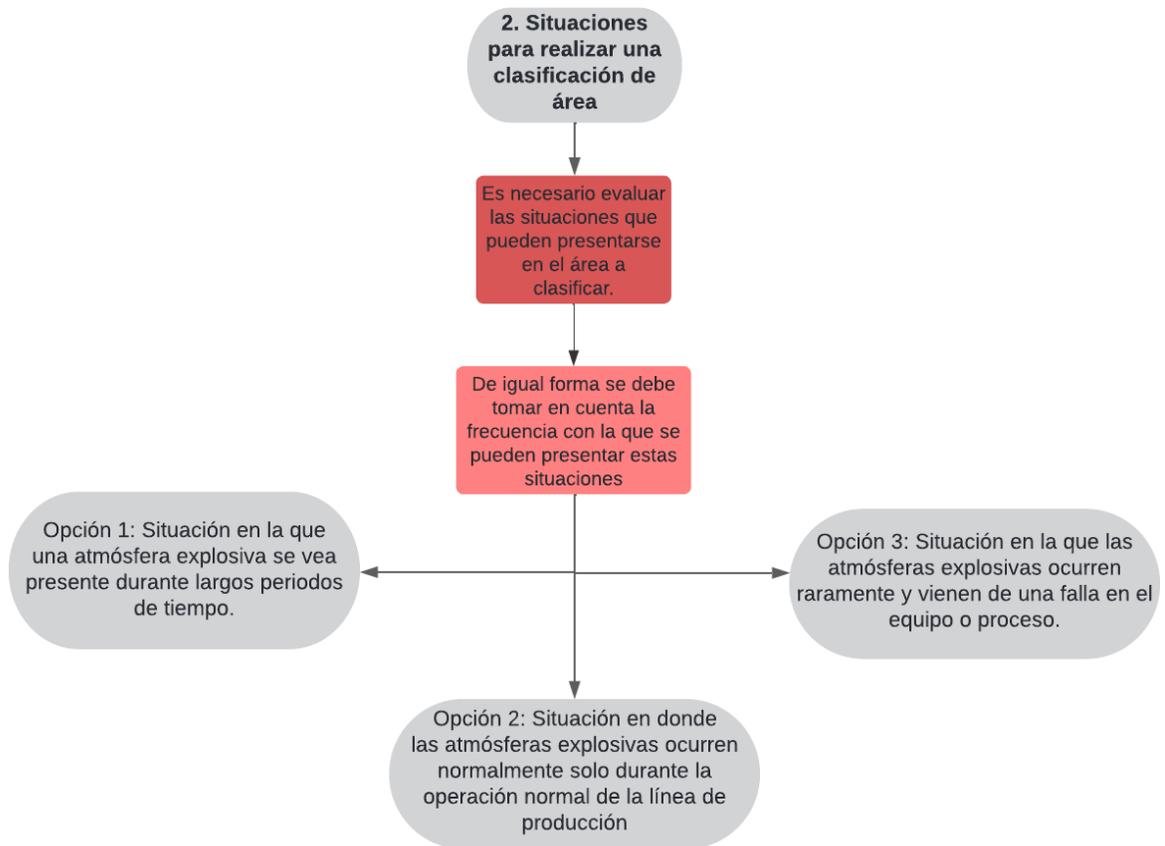
## ANEXO 1.

Primer paso para realizar una clasificación de áreas: Identificación del material explosivo o inflamable.



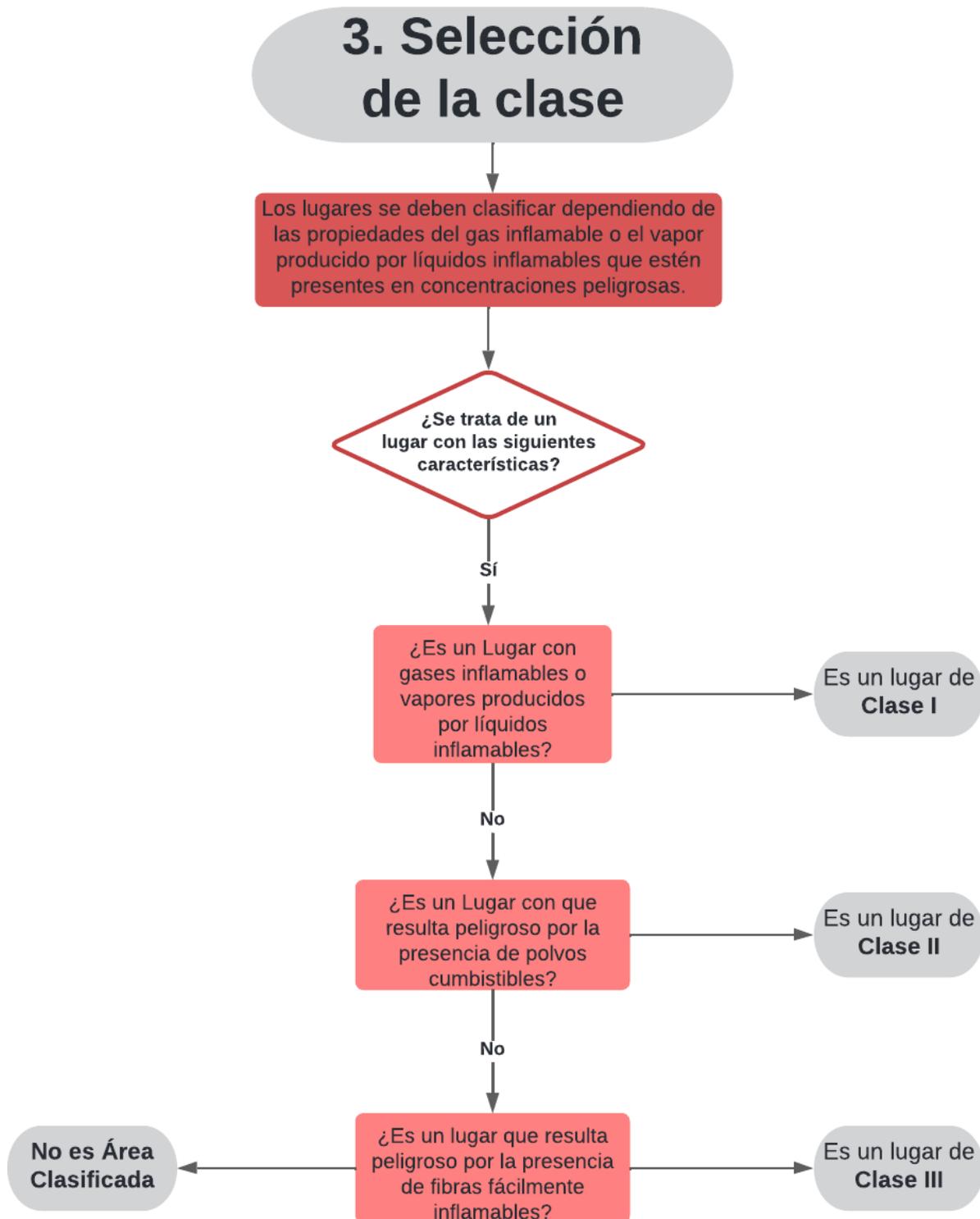
## ANEXO 2.

Segundo paso para realizar una clasificación de áreas: Evaluar las posibles situaciones que se puedan presentar.



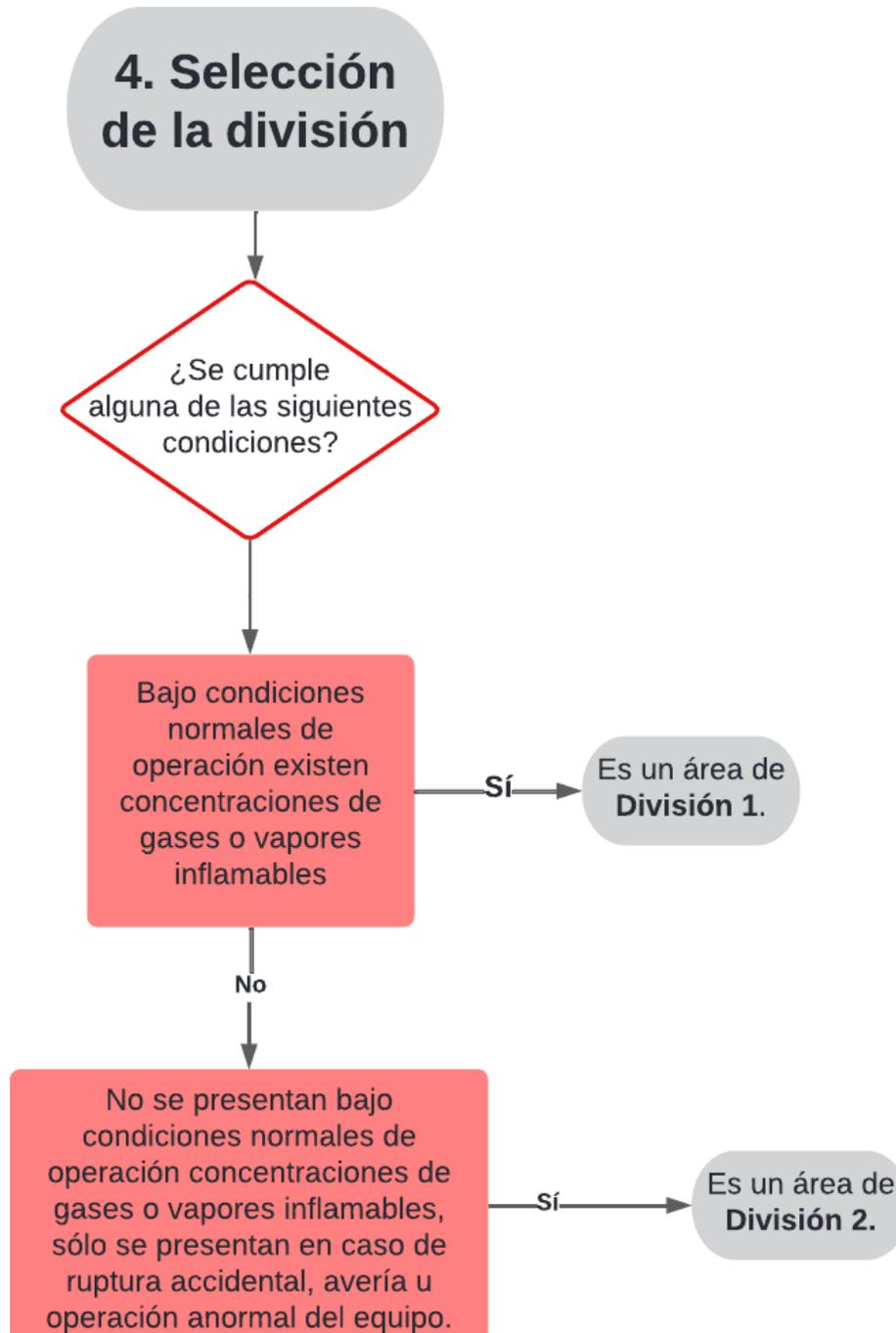
### ANEXO 3.

Tercer paso para realizar una clasificación de áreas: Selección de la clase.



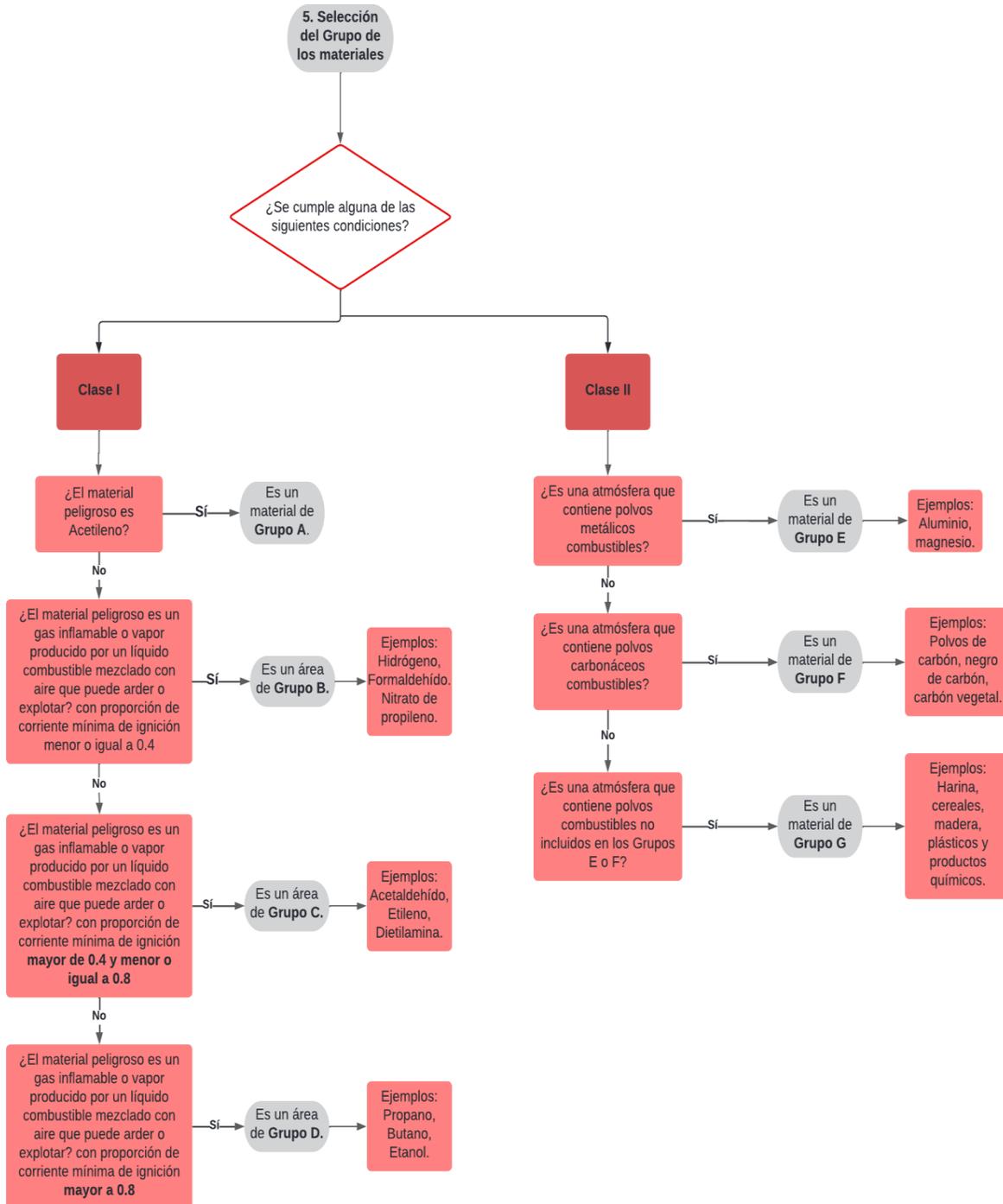
#### ANEXO 4.

Cuarto paso para realizar una clasificación de áreas: Selección de la división.



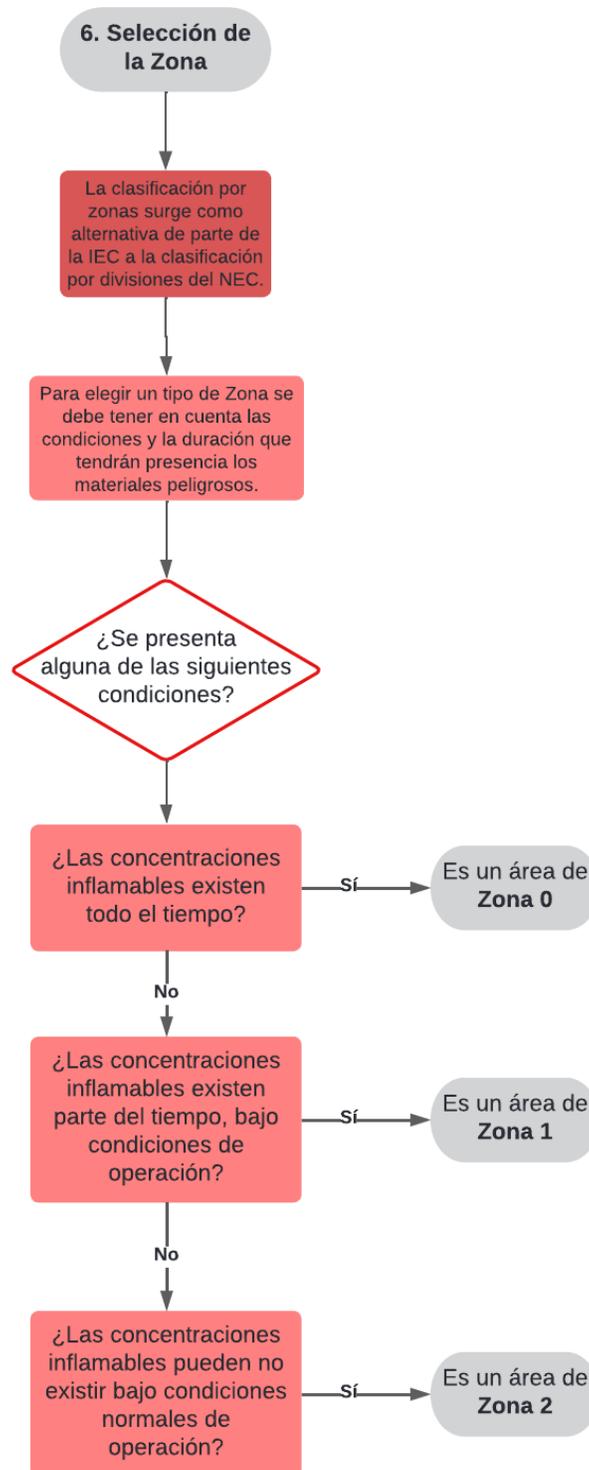
## ANEXO 5.

Quinto paso para realizar una clasificación de áreas: Selección del grupo del material peligroso.



## ANEXO 6.

Sexto paso para realizar una clasificación de áreas: Selección de la zona.



### **ANEXO 7.**

Verificación de estática previa a la entrada a la línea de producción de desodorantes en aerosol. Persona aterrizada.



### **ANEXO 8.**

Verificación de estática previa a la entrada a la línea de producción de desodorantes en aerosol. Persona no aterrizada.



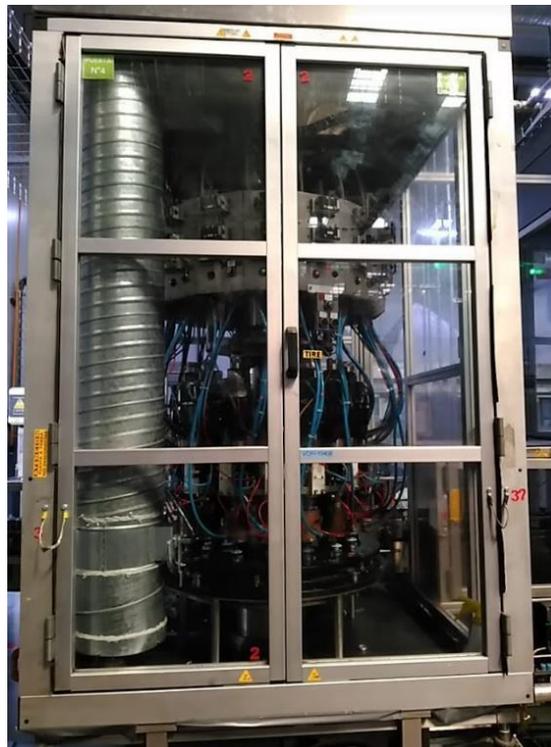
**ANEXO 8.**

Mesa de alimentación de latas vacías.



**ANEXO 9.**

Maquina llenadora de producto (Alcohol etílico y fragancia).



**ANEXO 10.**

Recintos de las máquinas inyectora de válvulas y máquina engarzadora.



**ANEXO 11.**

Baño de pruebas.



**ANEXO 12.**

Terminales de puesta a tierra de la línea de producción.



**ANEXO 13.**

Sistema de detección de chispas dentro de los recintos.



**ANEXO 14.**

Sistema de extracción de gases y vapores de los recintos.



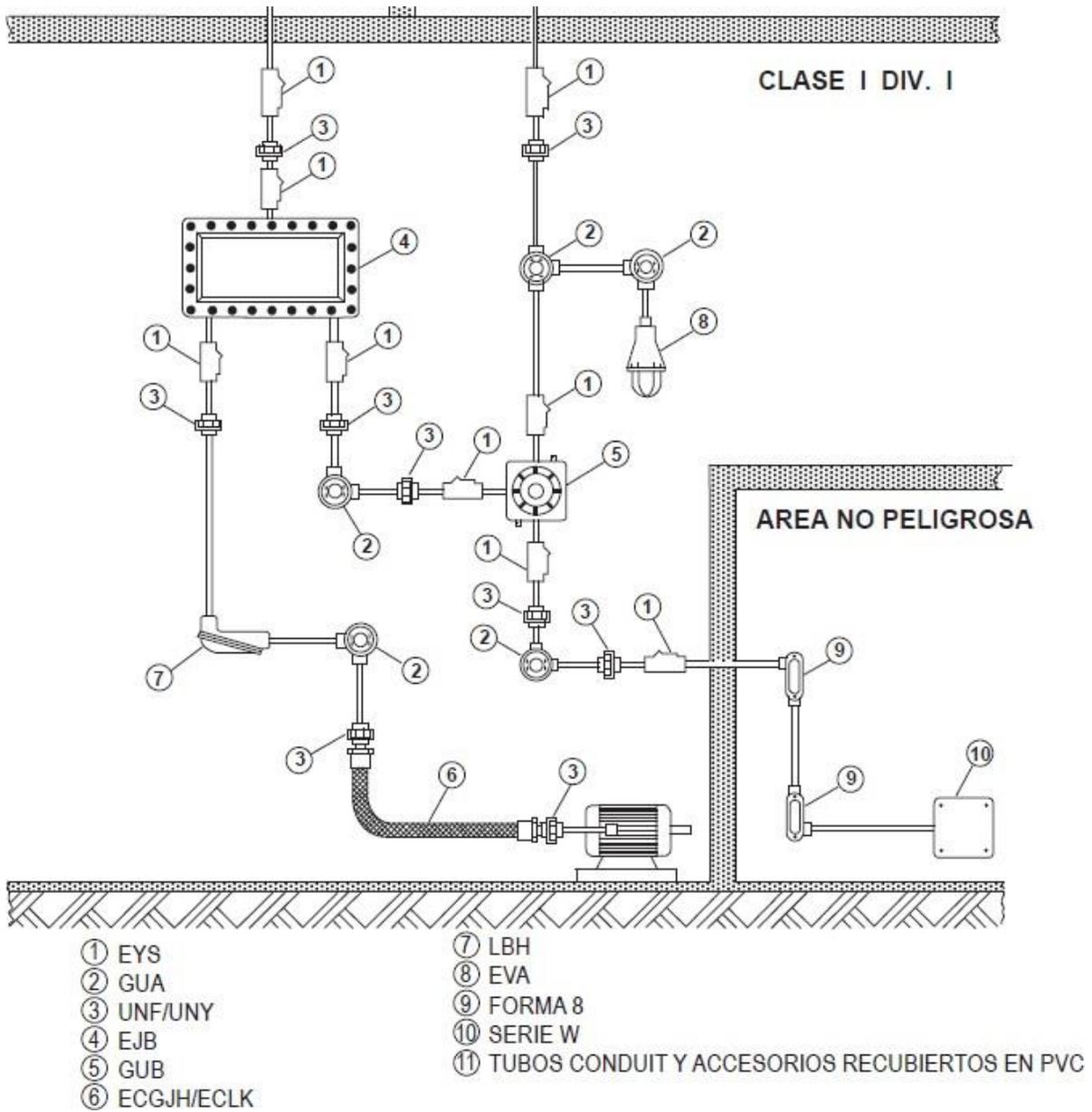
**ANEXO 15.**

Taloneritas antiestáticas necesarias para ingresar a la línea de producción.



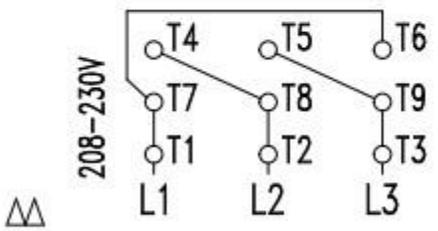
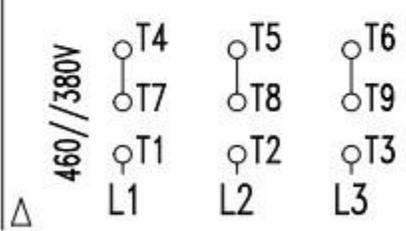
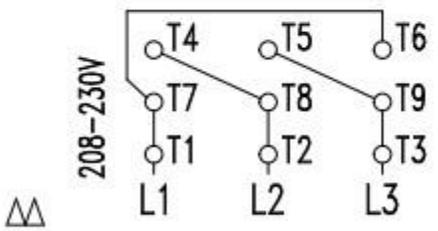
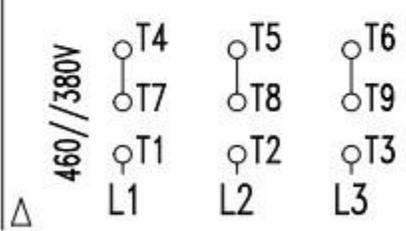
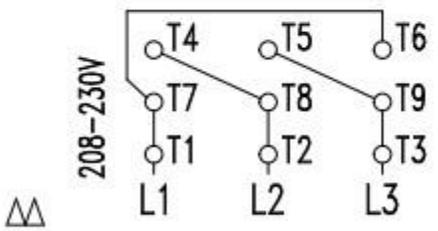
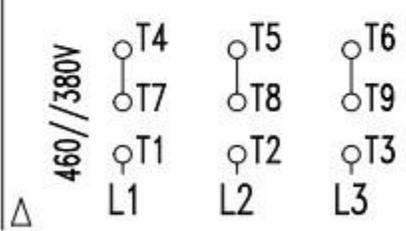
## ANEXO 16.

Comparación entre los equipos y accesorios eléctricos para un área clasificada y un área no peligrosa.



**ANEXO 17.**

Placa de datos de motor utilizado en la línea de producción de desodorantes en aerosol.

MADE IN BRAZIL			<b>W21X NEMA</b> <b>Premium</b>		14317352		
	CC029A		Inverter Duty Motor				
	Severe Duty		MODEL 01036XT3E215TC				
	PH 3	FR 213/5TC					
	HP(kW) 10.0(7.5)			HZ 60	IP55		
	V 230/460			A 23.4/11.7			
	RPM 3515			NEMA NOM EFF 90.2%			
	PF 0.89			SFA 26.9/13.5		DES B	
	INS CL F $\Delta T$ 80 K		SF 1.15		ENCL TEFC		
	DUTY CONT.		CODE H	ALT 1000	m.a.s.l.		
AMB 40°C	USABLE @208V	25.7 A	SF 1.15	SFA 29.6			
AMB 55°C SF1.0							
10HP 7.5kW 50Hz 380V 14.1A 2888RPM SF1.00 EFF 88.5% (IE2)							
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> <p><math>\Delta\Delta</math> 208-230V</p>  </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> <p><math>\Delta</math> 460//380V</p>  </td> </tr> </table>						<p><math>\Delta\Delta</math> 208-230V</p> 	<p><math>\Delta</math> 460//380V</p> 
<p><math>\Delta\Delta</math> 208-230V</p> 	<p><math>\Delta</math> 460//380V</p> 						
		→ 6308-2RS MOBIL POLYREX EM			214 Lbs		
		→ 6207-2RS					
		TEMP CODE T3C CSA/UL: Class I - Div. 1 - Groups C and D CSA: Class II - Div. 1 - Groups F and G CSA: Class I - Zone 1 - IIB <b>EXPLOSION PROOF MOTOR</b> FOR USE ON VPWM VFD 1000:1VT, 20:1CT, 1.0SF, T3C, AMB 40°C.					

## BIBLIOGRAFÍAS

- [1] Bit Perfect Solutions. (13 de Julio de 2014). *Rimac Riesgos Patrimoniales*.  
Obtenido de <https://prevencionrimac.com/riesgopatrimoniales/Herramientas/Causa-siniestros/Incendios/Fuentes-ignicion>
- [2] KOH-I-NOOR Mladá Vožice. (17 de diciembre de 2014). *KOH-I-NOOR Mladá Vožice*. Obtenido de <https://www.kohinoor.cz/es/nuestra-empresa/blog/el-uso-general-de-los-aerosoles>
- [3] Morris, C. (2001). Aerosol. *EPA Glossary of Climate Change Terms*. GreenFacts, California.
- [4] Nolasco, J. (09 de abril de 2015). *Aerosol La revista*. Obtenido de Aerosol La revista Web site: <https://aerosollarevista.com/2015/03/el-poderoso-hidrocarburo/>
- [5] Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización).
- [6] NFPA 70, National Electrical Code (NEC) 2014.
- [7] Recommended Practice ANSI/ISA RP12.06.01-2003, Recommended Practice for Wiring Methods for Hazardous (Classified) Locations Instrumentation Part 1: Intrinsic Safety.
- [8] International Standard IEC60079-14, Recommended Practice for Wiring Methods for Hazardous (Classified) Locations Instrumentation Part 1: Intrinsic Safety.
- [9] Electrical Instruments in Hazardous Locations, 4th Edition.
- [10] Salinas, J. L. (03 de junio de 2017). *Mexico InTech automatización*. Obtenido de <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2017/06/03/conceptos-basicos-para-la-clasificacion-de-areas-con-peligro-de-explosion/>
- [11] Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas

(utilización) Artículo 500: Áreas peligrosas (Clasificadas), Clase I, II y III, Divisiones 1 y 2.

**[12]** RAWELT. Clasificación de áreas peligrosas. (28 de mayo de 2022). Obtenido de: <https://www.rawelt.com.mx/es/clasificacion-areas-peligrosas>

**[13]** Datos eléctricos/Clasificaciones de áreas peligrosas del Código de electricidad Nacional (NEC) de los Estados Unidos. (2012).

**[14]** Subcomité Técnico de normalización de PEMEX. Diseños de instalaciones eléctricas. NRF-048-PEMEX2007. (11 de octubre de 2013). Obtenido de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58960/Anexo\\_4.\\_Norma\\_PEMEX\\_Dise\\_o\\_de\\_Instalaciones\\_El\\_ctricas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58960/Anexo_4._Norma_PEMEX_Dise_o_de_Instalaciones_El_ctricas.pdf)

**[15]** CONTAVAL. Etiquetas de Marcado ATEX. (22 de marzo de 2018). Obtenido de: <https://www.contaval.es/leer-las-etiquetas-marcado-atex/>

**[16]** ABB. Catálogo de Motores NEMA de CA y CC a prueba de explosión (2014). Obtenido de: [https://library.e.abb.com/public/b714834d86498c9b85257cec00467927/IBR454SP\\_0314\\_web.pdf](https://library.e.abb.com/public/b714834d86498c9b85257cec00467927/IBR454SP_0314_web.pdf)

**[17]** PROMAM - Prototipos industriales. Certificación ATX. (2019). Obtenido de: <https://www.promam.es/certificacion-atex/>

**[18]** Velasco, S. J. (2017). El proyecto de instalaciones eléctricas. Basado en la NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas. 1ra Edición.

**[19]** M. Carrillo Macal, Tecnología de los materiales eléctricos, México: Instituto Politécnico Nacional.

**[20]** NRF-036-PEMEX-2010, Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico, México, 2010.

**[21]** NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad - Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, México, 2010.

**[22]** NOM-005-STPS-1998, Manejo de sustancias químicas peligrosas o sus mezclas en los centros de trabajo - Condiciones y procedimientos de seguridad y salud, México, (1998).

**[23]** M. A. Ochoa Guerra y C. T. Gamarra Tuñón, Selección de equipos y diseño de instalaciones eléctricas en áreas clasificadas según el código eléctrico colombiano (NTC 2050), Cartagena, (2008).

**[24]** L. C. O. Álvarez Osorno y R. A. Montes Navarro, Manual de clasificación de zonas especiales, Cartagena, (2008).

**[25]** J. Yarza Cano, Equipo eléctrico en áreas peligrosas. ANCE, México, 2020.

**[26]** NRF-048-PEMEX-2014, Diseño de instalaciones eléctricas, México, 2014.

**[27]** WEG, «WEG,» [En línea]. Obtenido de:

[https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es/MotoresEI%C3%A9ctricos/c/EU\\_MT](https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es/MotoresEI%C3%A9ctricos/c/EU_MT).