



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL “SEK”**  
**MAESTRIA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**



**Trabajo de fin de carrera titulado:**

**IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y PLAN DE CONTROL DE  
ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN LAS PLANTAS DE GENERACIÓN  
ELECTRICA A  
BASE DE GAS NATURAL.**

Realizado por:

TULIO E. NAVARRETE NAVARRETE

Como requisito para la obtención del título de  
MASTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

**QUITO, ABRIL 2013**

**HOJA EN BLANCO**

## **DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo Tulio Eduardo Navarrete Navarrete, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

.....  
TULIO E. NAVARRETE N.

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación de fin de carrera, titulado

**IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y PLAN DE CONTROL DE ATMÓSFERAS  
EXPLOSIVAS EN LAS PLANTAS DE GENERACIÓN ELECTRICA A  
BASE DE GAS NATURAL.**

Realizado por el alumno

TULIO E. NAVARRETE NAVARRETE

como requisito para la obtención del título de

MASTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

ha sido dirigido por el profesor

ING. HENRY MARIÑO MSC.

quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

.....  
ING. HENRY MARIÑO MSc.

**Director**

Los profesores informantes

Ing. Francisco Hugo MSc.

Ing. Pablo Dávila MSc.

después de revisar el trabajo escrito presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

.....  
Ing. Francisco Hugo MSc.

.....  
Ing. Pablo Dávila MSc.

Quito, a 8 de abril de 2013

Agradezco a mi familia, a los docentes de la Universidad SEK y a todas las personas que han hecho posible la culminación de mi maestría

## **RESUMEN**

La presente investigación pretende orientar, con el manejo de la normativa nacional y con ayuda de la reglamentación internacional, la problemática de la formación de atmósferas explosivas en los lugares de trabajo, y en especial en el manejo de gas natural en la producción de energía eléctrica, que resulta de alto riesgo tanto para el personal de trabajo de estas plantas como por su infraestructura y ambiente, evitando un accidente mayor al reconocer y controlar la formación de atmósferas explosivas mediante la aplicación de las diferentes normas que se tienen que aplicar en plantas nuevas como en la reformatión de plantas antiguas.

## **ABSTRACT**

This investigation intends to establish guidelines on the problematic of explosive atmospheres formation, especially on managing natural gas while producing electric energy, which represents high risk for the personnel, plant infrastructure and environment; avoiding a major accident by recognizing and controlling the formation of explosive atmospheres through the application of standards intended to be applied in new plants as well as in reformation of old plants.

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	13
IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y PLAN DE CONTROL DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN LAS PLANTAS DE GENERACIÓN ELECTRICA A BASE DE GAS NATURAL. ....	13
1.1    ANTECEDENTES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA. ....	13
1.2    OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	18
1.2.1    Objetivo General.....	18
1.2.2    Objetivos Específicos .....	18
1.3    JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	18
1.4    MARCO TEÓRICO.....	19
1.5    MARCO CONCEPTUAL.....	20
1.6    HIPÓTESIS.....	28
1.7    DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
CAPÍTULO 2.....	34
IDENTIFICACIÓN .....	34
2.1    CONCEPTO Y DEFINICIÓN.....	34
2.2    PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GASES .....	36
2.3    PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	36
2.4    ENERGÍA .....	37
2.5    MEZCLA DE COMBUSTIBLE-COMBURENTE.....	39
2.6    FUENTE DE IGNICIÓN.....	40
2.7    MARCO LEGAL.....	44
2.7.1    Legislación Nacional. ....	44
2.7.2    Legislación Internacional.....	46
2.7.3    Normas Técnicas.....	48
2.8    OBLIGACIONES GENERALES Y DE COORDINACIÓN.....	56
2.8.1    Constitución de la República Del Ecuador. ....	56
2.8.2    OIT.- Organización Internacional del Trabajo. ....	57
2.8.3    Recomendación R181 - Prevención de accidentes industriales mayores. ....	57
2.8.4    Decisión 584 Sustitución de la Decisión 547.- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). ....	57
2.8.5    Resolución 957.- Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. ....	58
2.8.6    Ley de Seguridad Social. ....	58



2.8.7	Código del Trabajo. ....	58
2.8.8	Reglamento General del Seguro de Riesgos del Trabajo, Resolución 741. ....	59
2.8.9	Reglamento para el Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo - “SART”. ....	59
2.8.10	Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. ....	60
2.8.11	Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios para ser aplicado por los Cuerpos de Bomberos del país, R.O 114/02 de 04/2009. ....	61
CAPÍTULO 3. ....		62
EVALUACIÓN. ....		62
3.1	PREVENCIÓN DE ACCIDENTES MAYORES. ....	62
3.2	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS. ....	66
3.2.1	SDV o suth down valve o válvula de cerrado de flujo de gas: ....	69
3.2.2	Tubería de alimentación de gas natural: ....	70
3.2.3	Filtro separador (FG-1): ....	70
3.2.4	Válvula de cierre manual (HV-101). Filtro final (Scrubber filter 2E-101): ....	71
3.2.5	Medidor de presión diferencial (FE 162): ....	72
3.2.6	Medidor de temperatura (TE 163): ....	72
3.2.7	Válvula de seguridad de corte (FSV 171): ....	73
3.2.8	Válvula de disparo/venteo (FSV 172): ....	73
3.2.9	Módulo de válvulas de regulación de gas, ....	74
3.2.10	Cuarto de turbina: ....	75
3.3	CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PARA ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS. ....	76
3.3.1	Clasificación de áreas de atmósferas explosivas. ....	80
3.3.2	Lugares de trabajo con atmósferas explosivas. ....	85
CAPÍTULO 4. ....		88
PREVENCIÓN, PROTECCIÓN, Y CONTROL. ....		88
4.1	PREVENCIÓN DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS. (MEDIDAS TÉCNICAS). ....	88
4.2	PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA. ....	90
4.2.1	La protección primaria. ....	90
4.2.2	La protección secundaria. ....	91
4.3	EQUIPOS PARA USO EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS. ....	96
4.3.1	Directiva 94/9/CE sobre los equipos y sistemas de protección. ....	97
4.3.2	Ámbito de aplicación de la DIRECTIVA 94/9/CE (ATEX 95). ....	97
4.3.3	Clasificación de los equipos y sistemas de protección. ATEX 95. ....	98
4.3.4	Seguridad y Salud. ANEXO II de la Directiva 94/9/ CE, ATEX 95. ....	99
4.3.5	Criterio de elección de aparatos. ....	100
4.4	LAS PROPORCIONES DE LOS EFECTOS PREVISIBLES. ....	103

4.4.1	Radiación térmica. ....	104
4.5	MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD Y LA PROTECCIÓN DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS. ....	109
4.5.1	Formación e información de los trabajadores ....	110
4.5.2	Instrucciones de trabajo ....	111
4.5.3	Autorización de trabajos ....	111
4.5.4	Contenido mínimo de información de una autorización de trabajo:.....	113
4.5.5	Acciones que deben realizar las personas implicadas en el proceso ....	113
4.5.6	Medidas de protección contra las explosiones ....	113
4.5.7	Señalización de las zonas de riesgo ....	117
<b>CAPÍTULO 5</b>	.....	119
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	119
5.1	Conclusiones ....	119
5.2	Recomendaciones.....	123
<b>GLOSARIO</b>	.....	125
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	127
<b>ANEXOS</b>	.....	132
	ANEXO 1.- HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS NATURAL.....	132
	ANEXO 2.- FOTOGRAFÍAS DE EQUIPOS DE CONTROL ....	142
	ANEXO 3.- PLANOS Y FLUJO DE COMBUSTIBLE.....	150

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla No 1.-</b> Información del Metano del NEC.	40
<b>Tabla No 2.-</b> Color de identificación de tuberías INEN.	47
<b>Tabla No 3.-</b> Clases de temperatura de inflamación de líquidos.	92
<b>Tabla No 4.-</b> Límites de explosividad	93
<b>Tabla No 5.-</b> Clasificación de equipos y categorías.	99
<b>Tabla No 6.-</b> Clasificación por zonas, división y equipos que se utiliza en atmósferas explosivas.	112

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico No 1.-</b> Rango de explosividad de una sustancia inflamable.	39
<b>Gráfico No 2.-</b> Clases de líquidos flamables y combustibles de acuerdo a definición OSHA.	51
<b>Gráfico No 3.-</b> Clases de líquidos flamables y combustibles de acuerdo a la definición CFR de 1910. 106L	78
<b>Gráfico No 4.-</b> Visualización de zonas en Clase.	83
<b>Gráfico No 5.-</b> Simbología estandarizada para la notación de la clase I, Zona 0, Zona I y Zona 2 de aéreas clasificadas (IEC79-10).	84
<b>Gráfico No 6.-</b> Visualización de los componentes de una explosión.	89
<b>Gráfico No 7.-</b> Visualización de las ondas de presión de una explosión.	106
<b>Gráfico No 8.-</b> Ejemplo de autorización de trabajos.	113
<b>Gráfico No 9.-</b> Señalización. Zona con riesgos de atmosferas explosivas.	119

## ÍNDICE DE ANEXOS.

<b>Anexo 1.- Hoja de Datos Técnicos (MSDS) del Gas Natural.</b>	133
<b>Anexo 2.- Fotografías de Equipos de Control</b>	143
<b>No. 1.-</b> Equipo del sistema de alarma contra incendios.	
<b>No. 2.-</b> Medidor de gases, turbina.	
<b>No. 3.-</b> Conectores eléctricos.	
<b>No. 4.-</b> Cajas de conexión eléctrica.	
<b>No. 5.-</b> Actuadores eléctricos.	
<b>No. 6.-</b> Controles.	
<b>No. 7.-</b> Programa de tarjeta y candado.	
<b>No. 8.-</b> Equipos de comprobación.	
<b>Anexo 3.- Planos y flujo de combustible</b>	151
<b>No.1.-</b> Documentación general. (G.E. General documentation layout).	
<b>No.2.-</b> Diagrama de flujo de combustible. (Diagram P&D).	
<b>No.3.-</b> Vista general. (Washington Group General Arrangement).	
<b>No.4.-</b> Documentación general. (G.E. General Documentation).	

# CAPÍTULO 1

## IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y PLAN DE CONTROL DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN LAS PLANTAS DE GENERACIÓN ELECTRICA A BASE DE GAS NATURAL.

### 1.1 ANTECEDENTES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La Salud Ocupacional incluye la contaminación interior del trabajador, la seguridad de las máquinas y herramientas y la seguridad de los lugares de trabajo; y la Seguridad Industrial se encarga de la seguridad de las instalaciones y de los procesos industriales con el trabajador de estas instalaciones para su seguridad en el trabajo, y se amplía a la población y ambiente que se ubica en su entorno.

Dentro de los procesos actuales, esta seguridad no se encuentra sola, se conjuga con la calidad, la productividad, y el ambiente para tener como resultado final la excelencia empresarial.

En la actualidad el mundo quiere y exige seguridad; seguridad en el trabajo, seguridad en la calle, en el transporte, de la propiedad, médica, de personas, en las inversiones. Pero la seguridad absoluta no existe pues el precio sería infinito.

En cualquiera de los casos, solo podemos tener seguridad si esta se planifica, se cuantifica su costo y se reparte este en todo el proceso.

En la actualidad la prevención va por delante de la corrección, mientras que en años anteriores era más económico corregir que prevenir.

El incendio de la refinería de Repesa en Cartagena, junto con la catástrofe de Seveso y la de Chernóbil, alertaron sobre la necesidad de endurecer las condiciones de seguridad y contemplar esta seguridad en forma global. Se extremaron las precauciones sobre distancias de seguridad, cubetos de contención y muros de contención.<sup>1</sup>

Las técnicas de seguridad se encaminan a disminuir la probabilidad de riesgo del fallo del ingenio humano y que este alcance al propio hombre. De ahí que los adelantos de la tecnología en lo relacionado a telemandos, el monitoreo y los sistemas informáticos nos

---

<sup>1</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. Pág. XIV (Prólogo).

permiten alejar al trabajador de las aéreas peligrosas y la toma de decisiones por intermedio de sistemas redundantes de operación y de protección.

Las empresas industriales afrontan un sin número de retos que provienen de las condiciones de los mercados y de la globalización de la economía, por lo que requieren un talento competente en la gestión de los riesgos industriales que identifique las amenazas y oportunidades en la organización, las fortalezas y debilidades, con el fin de generar estrategias proactivas que garanticen el control de los riesgos y la continuidad del negocio.

El potencial de accidentes industriales mayores, que se han incrementado de forma significativa con el aumento de la producción, almacenamiento y utilización de sustancias peligrosas, ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con un enfoque sistemático y claramente definido para el control de tales sustancias, a fin de proteger a los trabajadores, la población y el ambiente.

El sector industrial tiene un riesgo potencial de desastre tipo “Atmósferas Explosivas” sin embargo existen industrias (procesos) que por su naturaleza tienen mayor grado de exposición como petróleos, gas, minería, química, automotriz, farmacéutica, embotelladoras, procesadoras de alcohol, grasas, aceites y jabones; y las actividades de tipo “Atmósferas Explosivas” son desde soldadura, pintura automotriz por proyección, trabajos en oleoductos, mantenimiento de compresores y válvulas de gases a presión, ensacado, transvase y manejo de químicos en diferentes estados, embotellado de gases y toda actividad donde en menor o mayor medida existan sustancias inflamables o proclives a combinación de químicos con poder de ignición.

Según estimaciones de la Organización Internacional del Trabajo, anualmente mueren por causas relacionadas al trabajo, más de dos millones doscientas mil personas. Se producen más de 270 millones de accidentes de trabajo y 160 millones de casos de enfermedades profesionales. Por estas causas se produce una pérdida de más del 4% del PIB mundial. En los países en desarrollo, este índice se duplica.<sup>2</sup>

Las sustancias peligrosas matan a unos 438.000 trabajadores al año y se calcula que un 10 % de todos los cánceres de piel son atribuibles a la exposición a sustancias peligrosas en el lugar del trabajo.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup>.- Juan Vélez Andrade, abril 2011, **Revista Técnica Informativa del Seguro General de Riesgos del Trabajo** / Ecuador, pág. 5.

<sup>3</sup>.- Manuel Elías Sánchez, miércoles 28 de Abril del 2010, **Nuevo Empresario Periódico de Negocios del Ecuador**.

El riesgo de explosión, es considerado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) como un problema grave en el sector industrial de América Latina por diversas causas. La tasa de muerte por “Atmósferas Explosivas” desmembramiento y daño corporal grave, así como las repercusiones a los ecosistemas y comunidades colindantes son generalmente muy costosos y crean una exposición enorme de la empresa ante la opinión pública.

Se define como atmósfera explosiva a la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas normales, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas, polvos o fibras inflamables, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no consumida o no quemada.<sup>4</sup>

Explosión se puede definir como una combustión rápida y exotérmica que genera gases calientes que se expanden, dando lugar a una onda de presión y a un frente de llama que se extiende rápidamente.

Dentro de estas explosiones se tiene la propagación en términos de deflagración, es decir la velocidad lineal de avance de la reacción es inferior a la velocidad del sonido y la onda de presión generada avanza por delante del frente de llama o zona de reacción.<sup>5</sup>

La detonación es un régimen de propagación de la explosión más severo, la velocidad de propagación es superior a la velocidad del sonido y la onda de presión, se denomina “onda de choque” y su frente de llama avanza acoplados. Este fenómeno es debido al efecto de compresión de la onda de choque, la cual genera alta temperatura y da lugar al auto ignición de la mezcla inflamable que aún no se ha quemado.<sup>6</sup>

Esto por lo tanto incluye todas las atmósferas explosivas tanto si la explosión se propaga en régimen de deflagración, que es lo más habitual, como en forma de detonación.

Cabe anotar también que para que se cumpla con atmósfera explosiva, la mezcla de las sustancias inflamables con el aire se debe producir en condiciones atmosféricas, y estas condiciones se refieren a la presión y temperatura natural en condiciones de ambiente de trabajo, que incluiría los escapes o fugas de sustancias inflamables o combustibles

---

<sup>4</sup>.- Real Decreto 681 / 2003, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**. España, 6 de junio 2003, Capítulo I, Disposiciones Generales, Artículo 2. Definición. España.

<sup>5</sup>.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, **Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo**, INSHT, España, pág. 12.

<sup>6</sup>.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, **Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo**, INSHT, España, pág. 12.

almacenadas a presión, o la que existe en el interior de tanques o de almacenamiento atmosférico.

La información sobre inflamabilidad de las sustancias se puede obtener o identificar si es inflamable o no en función de las indicaciones que proporcione su etiquetado y la Hoja de Seguridad de Materiales Peligrosos.<sup>7</sup> (MSDS).

Para que la atmósfera se convierta en explosiva, la concentración de los elementos antes citados debe estar dentro de un rango. Por encima o por debajo del mismo no se puede considerarse como tal. El rango lo determinan los límites de explosividad.

De lo anteriormente mencionado se puede indicar que el gas natural es un combustible fósil catalogado como una de las fuentes de energía más limpia, segura y útil.

Típicamente está compuesto de metano (95 por ciento o más), propano y otros componentes más pesados. No tiene olor ni color y por lo general se encuentra en forma natural mezclado con otros hidrocarburos fósiles.

Al momento de su extracción, el gas natural contiene impurezas como agua, ácido sulfhídrico, dióxido de carbono y nitrógeno que tiene que ser removidas antes de su transporte y comercialización.

Se lo extrae usando pozos de producción para llevarlo a la superficie por medio de tubería. En la mayoría de los pozos, la presión del gas natural es suficiente para impulsarlo hacia arriba y conducirlo por conexiones a puntos centrales de recolección, proceso y para pasar a su respectiva distribución y consumo.

Para nuestro estudio el gas natural, se lo extrae desde una plataforma marina ubicada en el Campo Amistad del Bloque 3 costa afuera en el Golfo de Guayaquil, se lo transporta mediante un gaseoducto submarino de 65 Km, hasta llegar al continente y luego por medio de un gaseoducto terrestre de 5Km de longitud, llega a la planta de procesamiento, en la comunidad de Bajo Alto, parroquia Tendales, Cantón El Guabo.

El gas natural extraído lo consume la planta de generación eléctrica Termogas Machala, produciendo esta una potencia de 252 MW y puesta al servicio del sistema nacional interconectado.

Como se describe anteriormente se realizan acciones de extracción, tratamiento, transporte y utilización del gas natural, para nuestra descripción tomaremos la Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas emitida por Pemex, (Gas y Petroquímica

---

<sup>7</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.



Básica de la República Mexicana), sin relacionar los teléfonos de emergencia que están expresados; tomando en cuenta que en nuestro país utilizamos el teléfono de emergencia de la institución ECU 911, que es la que organiza los sistemas de respuestas a emergencias en el Ecuador. En la Hoja de Datos de Seguridad nos describe que es un gas inflamable, en el Rombo de Clasificación de Riesgos de la NFPA-704, está signada la inflamabilidad con el número 4, que se traduce en un grado de riesgo alto; y de salud con el número 1, siendo su grado de riesgo a la salud ligero, Números de Identificación de la ONU 1971 y 1972.s. (Anexo 1).

La industria del gas natural ha tenido una evolución técnica y operativa que avala la seguridad y protección de sus operaciones, sus riesgos y peligros han sido suficientemente estudiados e incorporados a la tecnología y a: normas, códigos y reglamentos; que se aplican a la industria del gas natural garantizando una mayor seguridad. Por tal motivo se realiza una comparación con la normativa nacional y la aplicación de la normativa internacional basándonos en las Directivas ATEX (Atmósferas Explosivas) Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 1994/ CE y con el Real Decreto 681 / 2003, de España; a los procesos para identificar, evaluar y realizar una lista de control de atmósferas explosivas en las instalaciones industriales y para verificación de sus sistemas de seguridad y protección de acuerdo a estas directivas.

En el caso de riesgo de incendio, la norma americana NFPA 850, Practica Recomendada Para Protección Contra Incendios para Plantas de Generación Eléctrica y Estaciones de Conversión de Corriente Directa de Alto Voltaje, de uso muy generalizado, establece las medidas de protección y prevención que se deben tomar en cuenta en instalaciones de generación eléctrica.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, entrega al país la primera versión del Código Eléctrico Nacional, como una guía práctica donde se establecen los requisitos de seguridad para las protecciones, materiales, equipos de uso general, ambientes especiales, equipos especiales, condiciones especiales. El objetivo fundamental de este es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que puedan surgir por el uso de la electricidad, y dentro de nuestro temario en el código consta el capítulo 5 de Ambientes Especiales donde se describe las clasificaciones de lugares peligrosos.

## 1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### 1.2.1 Objetivo General

Es la aplicación de las normas internacionales y la comparación con la normativa nacional ecuatoriana en la construcción y operación de la Planta de Generación Eléctrica a base de gas natural para poder realizar la identificación, evaluación y control de atmósferas explosivas.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Identificar con ayuda de la norma internacional las posibles formaciones de atmósferas explosivas.

Evaluar los riesgos de explosión y, la clasificación de áreas para atmósferas explosivas.

Control de los riesgos de acuerdo a la prevención, protección, control en aplicación de la normativa nacional, y en base de la normativa internacional.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Es de vital importancia el control de “Atmósferas Explosivas” para el sector de trabajadores, de la empresa, la comunidad y el ambiente, por cuanto:

La salud es un derecho básico reconocido en convenios y legislaciones, a la vez que es un bien social y como tal, y en relación con los riesgos derivados del trabajo, su protección es exigible al empleador y su tutela jurídica a los poderes públicos.

La seguridad y salud en el trabajo, incluyen actividades muy diversas: desde el uso adecuado de los equipos de protección personal hasta la promoción de una dieta saludable en el lugar de trabajo, pasando por las actividades preventivas frente a los riesgos laborales, que en la actualidad ocupan un lugar central en la práctica laboral.

Dentro de esos objetivos la normativa nacional en el aspecto ambiental de la comunidad se tiene que el “Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria” dado el 28 de Noviembre del 2002, y el RO 725 del 16 de diciembre de 2002, consta el Título Preliminar, De las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador; y establece:

“La sociedad ecuatoriana deberá observar permanentemente el concepto de minimizar los riesgos e impactos negativos ambientales mientras se mantienen las oportunidades sociales y económicas del desarrollo sustentable”.

Todo habitante en el Ecuador, sus instituciones y organizaciones públicas y privadas deberán realizar cada acción, en cada instante, de manera que se propenda en forma

simultánea a ser socialmente justa, económicamente rentable y ambientalmente sustentable.<sup>8</sup>

En el área eléctrica se expresa en el “Reglamento Ambiental para las Actividades Eléctricas” en la Sección II, De la Coordinación Administrativa:

“Artículo 45. En caso de accidentes o hechos fortuitos que ocasionen afectaciones negativas en el ambiente, el concesionario o titular de permiso o licencia adoptará todas las medidas previstas en el programa de contingencias y riesgos que debe formar parte del Plan de Manejo Ambiental, e informará inmediatamente al CONELEC y al Ministerio del Ambiente.

El concesionario o titular del permiso o licencia, deberá tener al día los procedimientos, personal, equipamiento y apoyo externo, para atender eficientemente las contingencias”.

Lo anterior se refleja en el cumplimiento de estos objetivos en el “Reglamento de Seguridad del Trabajo contra riesgos en instalaciones de Energía Eléctrica”, Acuerdo No. 013, del Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos del 22 de enero de 1998; y en su: Capítulo I, Disposiciones que deben observarse en el montaje de instalaciones Eléctricas;

“Artículo. 7.- Instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de incendio o explosión.- Los equipos e instalaciones eléctricas situados en lugares con riesgos de incendio o explosión, estarán contruidos o instalados de tal forma que se impida el origen de tales siniestros”.

#### 1.4 MARCO TEÓRICO

Actualmente se reconoce que la evaluación de riesgos es la base para una gestión activa de la seguridad y la salud en el trabajo, y las “Atmósferas Explosivas” no están fuera de este proceso, y de igual forma la ley establece la obligación de los empresarios a la planificación y su respectiva evaluación de los riesgos laborales, por eso se expiden las diferentes normas de seguridad, y esta normativa está destinada a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

La salud es un derecho básico reconocido en convenios y legislaciones, a la vez que es un bien social, y como tal, y en relación con los riesgos derivados del trabajo, su protección es exigible al empleador y su tutela jurídica a los poderes públicos.

---

<sup>8</sup>.- Ministerio del Ambiente, 2002, **Texto Unificado de la Legislación Secundaria**, Título Preliminar, De las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador. Quito.

La alta siniestralidad que pueden causar las “Atmósferas Explosivas” puede atribuirse a la falta de una verdadera cultura de prevención, generalizada en todos los ámbitos de la sociedad; al insatisfactorio cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales y al desconocimiento de las ventajas que aportan adecuados programas preventivos; tal y como lo señala la “Declaración de Seúl”<sup>9</sup> en su numeral “5”. Los empleadores deberían garantizar que la prevención es una parte integral de sus actividades, puesto que el buen desempeño empresarial va acompañado de normas de alto nivel de seguridad y salud en el trabajo; los sistemas de gestión de seguridad y salud estén establecidos de manera eficaz para el mejoramiento de lugares de trabajo seguros y saludables”.

Es decir que tanto los estados como las empresas deben propender no solo a la implementación de todas las medidas que se requieran con la finalidad de garantizar la seguridad de los trabajadores, sino que se debe propender a la generación de una verdadera cultura de salud, en la cual la prevención sea el eje de todo un trabajo articulado desde el nivel de la dirección, a fin de que se propenda a un mejoramiento real de la situación.

## 1.5 MARCO CONCEPTUAL

**Accidente mayor:**<sup>10</sup> Suceso inesperado y súbito (en particular, emisión, incendio o explosión importante), resultante de acontecimientos anormales durante una actividad industrial, que supone un peligro grave para los trabajadores, la población o el medio ambiente, sea inminente o no, dentro o fuera de la instalación, y en el que intervienen una o más sustancias peligrosas.

**Accidente:**<sup>11</sup> Todo suceso negativo, no deseado que generalmente se traduzca en pérdidas, es decir, es la materialización del riesgo.

**Acción correctiva:**<sup>12</sup> Acción tomada para corregir las causas de una NO conformidad detectada u otra situación indeseable (accidente y/o enfermedad profesional ocupacional).

---

<sup>9</sup>.- Organización Internacional del Trabajo, 2008; **Declaración de Seúl**, sobre seguridad y salud en el trabajo. Seúl.

<sup>10</sup>.- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>11</sup>.- **Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo**. 2003. Capítulo I, Disposiciones Generales.

**Acción Preventiva:**<sup>13</sup> Acción tomada para disminuir o eliminar las causas potenciales (de los accidentes y/o enfermedades profesional/ocupacionales antes que sucedan) de una NO conformidad u otra situación.

**Análisis de las consecuencias de un accidente:**<sup>14</sup> Análisis de los efectos esperados de un accidente, independientemente de la frecuencia y de la probabilidad.

**Análisis de los riesgos:**<sup>15</sup> Determinación de los acontecimientos no deseados que conducen a la materialización del riesgo; análisis de los mecanismos por los que esos acontecimientos no deseados podrían sobrevenir y, generalmente, estimación del alcance, magnitud y probabilidad relativa de efectos nocivos.

**Alarma:**<sup>16</sup> Señal audible que se da para que se prepare una acción contra un evento.

**Autoridad competente:**<sup>17</sup> Ministro, departamento gubernamental u otra autoridad pública habilitada para dictar reglamentos, órdenes u otras disposiciones con fuerza de ley.

**Atmósfera explosiva:**<sup>18</sup> es la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.

**Calibración:**<sup>19</sup> Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida y los valores correspondientes a esa magnitud realizados por patrones.

---

<sup>12</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>13</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>14</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>15</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>16</sup> .- **Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo**. 2003. Capítulo I, Disposiciones Generales.

<sup>17</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>18</sup> .- Real Decreto 681 / 2003, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**. España, Capítulo I, Disposiciones. Generales, Artículo 2. Definición. España.

**Color de seguridad:**<sup>20</sup> Es un color de propiedades colorimétricas y/o fotométricas especificadas, al cual se asigna un significado de seguridad.

**Condiciones de trabajo:**<sup>21</sup> Cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la Seguridad y Seguridad de los Trabajadores.

**Daño a la salud:**<sup>22</sup> Es todo trastorno que provoca alteraciones orgánicas o funcionales, reversibles o irreversibles, en un organismo o en algunos de los sistemas, aparatos u órganos que lo integran.

**Eficacia:**<sup>23</sup> Extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados. Grado en el que las actividades son llevadas a cabo y los resultados alcanzados.

**Eficiencia:**<sup>24</sup> Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

**Etiqueta:**<sup>25</sup> Es toda expresión escrita o gráfica impresa o grabada directamente sobre el envase y embalaje de un producto de presentación comercial que identifica al producto.

**Etiquetado:**<sup>26</sup> Es la información impresa en la etiqueta.

---

<sup>19</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>20</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1976, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 439:1976, Señales y Símbolos de Seguridad**. Ecuador.

<sup>21</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>22</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>23</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>24</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>25</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>26</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

**Equipo de seguridad:**<sup>27</sup> Grupo que puede ser establecido por la dirección de la fábrica para fines específicos de seguridad; por ejemplo, la planificación de las inspecciones y de los casos de urgencia. En el equipo debería incluirse a los trabajadores, sus representantes, cuando proceda, y otras personas especializadas en campos relacionados con las tareas.

**Evaluación de los riesgos:**<sup>28</sup> Determinación de los resultados de un análisis de los riesgos que abarca juicios sobre su aceptación y comparación con los repertorios, las normas, leyes y políticas como orientaciones.

**Gas:**<sup>29</sup> Sustancia en estado gaseoso a condiciones normales de presión y temperatura.

**Gas combustible:**<sup>30</sup> Gas que se emplea generalmente para ser quemado, combinado con aire, para producir calor para sistemas de calefacción o para procesos industriales, como fuente de energía o iluminación. Ejemplo: GLP.

**Gestión administrativa:**<sup>31</sup> Conjunto de acciones coordinadas para definir la política, planificación, organización, integración-implantación, verificación, control y mejoramiento continuo.

**Gestión de los riesgos:**<sup>32</sup> El conjunto de medidas tomadas para lograr, mantener o mejorar la seguridad de la instalación y su funcionamiento.

**Hoja de seguridad de materiales peligrosos (MSDS):**<sup>33</sup> es el documento por escrito de la información sobre las condiciones de seguridad e higiene necesarias, relativa a cada

---

<sup>27</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>28</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>29</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>30</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>31</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>32</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>33</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2**

una de las sustancias químicas peligrosas, que sirven como base para programas escritos de comunicación de peligros y riesgos en el lugar de trabajo.

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2266-2010, Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos, Anexo B, consta el Modelo de la Hoja de Materiales Peligrosos y explica los datos generales que deben contener las hojas técnicas como son: Nombre de la empresa; nivel de riesgo; identificación del material; No. MSDS; ingredientes peligrosos; propiedades físicas; riesgos de fuego y explosión; riesgos para la salud; riesgos ambientales; estabilidad; procedimientos en caso de escape accidental; métodos de control de higiene industrial y protección personal; precauciones especiales; información sobre toxicidad; información sobre el transporte; responsabilidad.

La Hoja de seguridad del Gas Natural está incluida en el Anexo 1.

**Incidente:**<sup>34</sup> Es todo evento que debido a la forma como se genera, pudo haber ocasionado efectos negativos.

**Inflamabilidad:**<sup>35</sup> Se aplica a los cuerpos que son capaces de arder con llama.

**Informe de seguridad:**<sup>36</sup> Presentación escrita de la información técnica, administrativa y de funcionamiento, que comprende los peligros de una instalación de riesgo mayor y su control, en apoyo de una justificación de la seguridad de la instalación.

**Límite inferior de explosividad (LIE):**<sup>37</sup> Es la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por debajo de la cual, la mezcla no es explosiva.

**Límite superior de explosividad (LSE):**<sup>38</sup> Es la concentración máxima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por arriba de la cual, la mezcla no es explosiva.

---

**266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos.** Primera revisión. Ecuador.

<sup>34</sup>.- **Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.** 2003. Capítulo I, Disposiciones Generales.

<sup>35</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos.** Primera revisión. Ecuador.

<sup>36</sup>.- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>37</sup>.- Real Decreto 681 / 2003, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.** España, Capítulo I, Disposiciones. Generales, Artículo 2. Definición. España.

<sup>38</sup>.- Real Decreto 681 / 2003, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores**



**Medidas de prevención:**<sup>39</sup> Las acciones que se adoptan con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo, dirigidas a proteger la salud de los trabajadores contra aquellas condiciones de trabajo que generan daños que sean consecuencia, guarden relación o sobrevengan durante el cumplimiento de sus labores, medidas cuya implementación constituye una obligación y deber de parte de los empleadores;

**Mejora continua:**<sup>40</sup> Proceso recurrente de optimización del sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo para lograr mejoras en el desempeño de la Seguridad y Salud en el Trabajo global de forma coherente con la política de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa u organización.

**Objetivo de la seguridad y salud en el trabajo:**<sup>41</sup> Fin de la Seguridad y Salud en el Trabajo, en términos de desempeño de la Seguridad y Salud en el Trabajo, que una Empresa u organización se fija alcanzar.

**Peligro (situación de peligro):**<sup>42</sup> Situación física que puede ocasionar lesiones a las personas, daños a la propiedad o al medio ambiente, o alguna combinación de estas contingencias.

**Peligro:**<sup>43</sup> Fuente, situación acto con potencial para causar daño.

**Plan de emergencias:**<sup>44</sup> Conjunto de procedimientos y acciones que deben realizar las personas para prevenir o afrontar una situación de emergencia, con el objeto de evitar

---

**expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.** España, Capítulo I, Disposiciones. Generales, Artículo 2. Definición. España.

<sup>39</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos.** Primera revisión. Ecuador.

<sup>40</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART.** Ecuador.

<sup>41</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART.** Ecuador.

<sup>42</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>43</sup> .- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART.** Ecuador.

<sup>44</sup> .- **Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.** 2003. Capítulo I, Disposiciones Generales.

pérdidas humanas, materiales y económicas, haciendo uso de los recursos existentes en las instalaciones.

**Producto químico peligroso:**<sup>45</sup> Todo producto químico que por sus características físico-químicas presentan o pueden presentar riesgo de afección a la salud, al ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición a él. Producto sólido, líquido o gaseoso que puede ser: explosivo, inflamable, susceptible de combustión espontánea, oxidante, inestable térmicamente, tóxico, infeccioso, corrosivo, liberador de gases tóxicos o inflamables, y aquellas que por algún medio, luego de su eliminación, puedan originar algunas de las características anteriores.

**Riesgo laboral:**<sup>46</sup> Probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión.

**Riesgos:**<sup>47</sup> Es la probabilidad de que ocurra un evento, el cual pueda generar efectos negativos en las personas, los materiales o los medios de producción o el medio ambiente.

**Riesgo:**<sup>48</sup> Una combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso peligroso con la gravedad de las lesiones o daños para la salud que pueda causar tal suceso.

**Riesgo Laboral grave o inminente:**<sup>49</sup> Aquel que resulte probable racionalmente y que se materialice en un futuro inmediato y que pueda suponer un daño grave para la salud de los trabajadores.

**Salud:**<sup>50</sup> Es un derecho fundamental que significa no solamente la ausencia de afectaciones o de enfermedad, sino también de los elementos y factores que afectan

---

<sup>45</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>46</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>47</sup>.- **Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo**. 2003. Capítulo I, Disposiciones Generales.

<sup>48</sup>.- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>49</sup>.- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

negativamente el estado físico o mental del trabajador y están directamente relacionados con los componentes del ambiente del trabajo;

**Señal de seguridad:**<sup>51</sup> Es aquella que transmite un mensaje de seguridad en un caso particular, obtenida a base de la combinación de una forma geométrica, un color y un símbolo de seguridad. La señal de seguridad puede también incluir un texto (palabras, letras o números).

**Señal auxiliar:**<sup>52</sup> Señal que incluye solamente texto, que utiliza, de ser necesario, con la señal de seguridad, para aclarar o ampliar la información.

**Servicios de urgencia:**<sup>53</sup> Organismos exteriores encargados de controlar los accidentes importantes y sus consecuencias en el lugar de trabajo y fuera del mismo; por ejemplo, los servicios de lucha contra incendio y la policía.

**Símbolo de seguridad:**<sup>54</sup> Es cualquiera de los símbolos, imágenes gráficas usadas en la señal de seguridad.

**Sustancias peligrosa:**<sup>55</sup> Toda aquella que, debido a sus propiedades químicas, físicas o toxicológicas, constituye un peligro.

**Trabajo en caliente:**<sup>56</sup> Actividad que implica una fuente de ignición, tal como soldadura autógena, soldadura con latón u operaciones que generan chispa.

---

<sup>50</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>51</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1976, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 439:1976, Señales y Símbolos de Seguridad**. Ecuador.

<sup>52</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1976, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 439:1976, Señales y Símbolos de Seguridad**. Ecuador.

<sup>53</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>54</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1976, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 439:1976, Señales y Símbolos de Seguridad**. Ecuador.

<sup>55</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

<sup>56</sup> .- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

**Trabajador:**<sup>57</sup> Toda persona que desempeña una actividad laboral por cuenta ajena remunerada, incluidos los trabajadores independientes o por cuenta propia y los trabajadores de las instituciones públicas.

**Toxicidad:**<sup>58</sup> Propiedad que tiene una sustancia y sus productos metabólicos o de degradación, de provocar por acción química o físico-química, un daño a la salud, temporal o permanente o incluso la muerte, si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel.

**Trabajador:**<sup>59</sup> Es toda persona que presta sus servicios lícitos y personales en la empresa u organización.

**Verificación de la seguridad:**<sup>60</sup> Examen metodológico y detenido, desde un punto de vista de la seguridad, de una parte o la totalidad de un sistema de funcionamiento.

## 1.6 HIPÓTESIS

La evaluación del riesgo en “Atmósferas Explosivas” es de obligada realización para todas aquellas instalaciones en las que se utilice sustancias susceptibles de formación de atmósferas explosivas; y son muchas y muy variadas las actividades que se incluyen en esta aplicación y se ven afectadas por los riesgos de explosión, y por lo tanto, para nuestro trabajo debemos cumplir con la observancia de la normativa nacional existente, compararla y complementarla con la normativa internacional que para el efecto hay sobre esta temática, y enfocarla a nuestro análisis el cual se refiere directamente al consumo de gas natural para la generación de energía eléctrica; cabe anotar que no tenemos almacenamiento de gas natural en este proceso, y en su transporte y utilización se tiene el riesgo de escapes por fugas o similares y pueden formarse mezclas explosivas de gas/aire.

---

<sup>57</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>58</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos**. Primera revisión. Ecuador.

<sup>59</sup>.- IESS, 2010; **Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART**. Ecuador.

<sup>60</sup>.- Organización Internacional del Trabajo 1991; **Prevención de accidentes industriales mayores**, 1 Disposiciones Generales; 1.3. definiciones. Ginebra.

A partir de la inspección de las instalaciones de la Planta de generación a base de gas natural, se verificará el cumplimiento de su identificación, evaluación, y su control de acuerdo a la aplicación de la normativa de control de “Atmósferas Explosivas”, de los sistemas de seguridad y protección, con los criterios de la norma nacional e internacional y tratados internacionales vigentes.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) es un organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa de los asuntos relativos al trabajo y las relaciones laborales, sancionando convenios internacionales y recomendaciones.

Los convenios internacionales constituyen tratados internacionales obligatorios para sus miembros una vez ratificados, en tanto que las recomendaciones, no son obligatorias, no son ratificados por los Estados miembro y constituyen sugerencias a los países para ir progresando en las relaciones laborales.

Entre los que ocuparemos está el CONVENIO C174 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, de 1993 y de igual manera la RECOMENDACION R181 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, de 1993.

De igual forma nos referiremos a la Decisión 584 Sustitución de la Decisión 547 del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST); y la Resolución 957 Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.

La prevención nacional ecuatoriana de riesgos laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo fijando las normas mínimas que se deben adoptar en la protección de los trabajadores con el objeto de prevenir las atmósferas explosivas que se desarrollan en el sitio de trabajo.

Lo cual está especificado por el Ministerio de Relaciones Laborales, en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393 del 17 de noviembre de 1986.

Dentro de la normativa nacional tomaremos la dictada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, CPE.- INEN 19:2001.- CÓDIGO DE PRÁCTICA NACIONAL.-CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL; NTE INEN 440, Colores de Identificación de Tuberías; NTE INEN 2266, Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos. Requisitos.

En el SISTEMA DE ADMINISTRACION DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, de la Dirección del Seguro General de Riesgos de Trabajo del IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) entre los elementos directrices constan los de

análisis de riesgo y los Planes de Emergencia y Contingencia, como un plan de transición hacia una actividad verificadora del cumplimiento de la normativa legal, y se expide el REGLAMENTO PARA EL SISTEMA DE AUDITORIA DE RIESGOS DEL TRABAJO – SART- Resolución No. C.D. 333, y en su Capítulo II, de la Auditoria de Riesgos de Trabajo, Art. 9; audita los siguientes requisitos técnicos legales:

1. GESTIÓN TÉCNICA:<sup>61</sup>

1.1. Identificación

1.2. Medición

1.3. Evaluación

1.4. Control Operativo Integral

Estos requisitos técnico legales están descritos en el Plan de Asesoría del Sistema de Administración de la Seguridad y Salud en el Trabajo, cuyo objetivo es el de asesorar a las empresas en la implantación del sistema tendientes a satisfacer las exigencias de las auditorias que realiza la Dirección del Seguro General de Riesgos del Trabajo de la siguiente forma:

5.3.- ELEMENTO III: GESTION TECNICA<sup>62</sup>

5.3.1 Identificación Objetiva:

Diagnóstico, establecimiento e individualización del (os) factores de riesgos de la organización o empresa con sus respectivas interrelaciones.

5.3.1-1.- Identificación Cualitativa:

Diversas Técnicas estandarizadas que facilitan la identificación del riesgo tales como:

- a) Análisis preliminar de peligros.
- b) Qué ocurriría Sí (What If?).
- c) Listas de Comprobación (Check List).
- d) Análisis de Seguridad en el Trabajo (JSA).
- e) Índice de fuego y explosión de Down.
- f) Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio MESERI.
- g) Índice de fuego, explosión y toxicidad de Mond.
- h) Análisis de Peligros y Operatividad (AOSPP).
- i) Análisis de Modos de Fallos, Efectos y Criticidad (AMFEC).
- j) Mapa de Riesgos.

---

<sup>61</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2010, **Reglamento para el Sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo –SART- C.D. 333**. Quito.

<sup>62</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2004, **Sistema de Administración de la Seguridad y Salud en el Trabajo**. Quito.

- k) Otras.

#### 5.3.1-2.- Identificación Cuantitativa

Técnicas estandarizadas de identificación:

- a) Árbol de fallos.
- b) Árbol de Efectos.
- c) Análisis de Fiabilidad Humana.
- d) Método Fine.
- e) Mapa de Riesgos.
- f) Psicometrías DIANA, APT, PSICOTOX.
- g) Análisis Ergonómico de Puestos de Trabajo, MAPFRE.
- h) Otras.

#### 5.3.2 Identificación Subjetiva

##### 5.3.2-1.- Tablas de probabilidad de ocurrencia.

Realizadas en base a número de eventos en un tiempo determinado:

##### 5.3.8-4.- Planes de Emergencia y Contingencia.

Existirá un plan que responda adecuadamente a las diversas emergencias que pueden producirse como consecuencia de un accidente:

- a) Identificará los accidentes que activan el plan de emergencia.
- b) Desarrollará los procedimientos de actuación: organización, clasificación de la emergencia, intervención, apoyo, primeros auxilios y servicios médicos.
- c) Definirá la operatividad: niveles de emergencia.
- d) Puntos de reunión.
- e) Interfase con el plan de emergencia exterior.
- f) Fin de la emergencia.
- g) Inventario de medios disponibles.
- h) Mantenimiento de la operatividad: programas de formación y entrenamiento para catástrofes y emergencias.
- i) Metodología de evaluación del programa de emergencia y contingencia.

##### 5.3.8-5.- Incendios y explosiones:

- a) Existirá un diagnóstico sobre los factores de riesgos de incendio.
- b) Existirá un plan contra incendios que contenga entre otros los siguientes puntos:
  - Procedimientos de inspección y evaluación de riesgos de incendio;

- Técnicas de respuesta y actuación reparadoras y rehabilitadoras frente a los incendios;
  - Medidas de protección constructivas:
    - o Accesibilidad.
    - o Resistencia al fuego.
    - o Compartimentación.
    - o Evacuación.
  - Sistemas e instalaciones de protección:
    - o Sistemas de detección y alarma contra incendios.
    - o Medios manuales de extinción.
    - o Abastecimientos de agua contra incendios.
    - o Sistemas fijos de extinción.
- c) Explosiones:
- Existirá un diagnóstico sobre los factores de riesgo de explosión.
  - Existirá un plan contra explosiones que contenga entre otros los siguientes puntos:
    - o Procedimientos de inspección de factores de riesgo de explosiones.
    - o Modelo de efectos de explosión.
    - o Modelo de vulnerabilidad;
    - o Técnicas de respuesta reparadora y rehabilitadora frente a las explosiones.
    - o Metodología de evaluación del programa de incendios y explosiones.

Tenemos una relación de la normativa internacional al proceso de producción de energía eléctrica a base de gas natural, tomando en cuenta la directiva de la Comunidad Europea aplicada en España por medio de las directivas ATEX (Atmósferas Explosivas), Directiva del Parlamento Europeo y con el Real Decreto 681/2003<sup>63</sup> que dicta las disposiciones de aplicación de las Directiva Atex, que establecen las medidas necesarias para garantizar la seguridad frente a la formación de atmósferas explosivas.

Y de igual forma las normas estandarizadas americanas de la NFPA 70, National Electrical Code 2008, NEC 2008 Handbook, de la National Fire Protection Association;

---

<sup>63</sup>.- Real Decreto 681 / 2003, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**. España, 6 de junio 2003, España.



y de la American Petroleum Institute, API 505 de 1997, Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2, y de la Occupational Safety and Health Act, OSHA Standards for General Industry.

### 1.7 DISEÑO METODOLÓGICO

El nivel de la investigación que se va utilizar será de tipo descriptivo por que selecciona ciertas características, factores, procesos de una realidad que se vive en la planta de generación eléctrica, y se lo compara con las normas que se aplican en los sistemas de seguridad y protección, lo que únicamente será analizado y observado, para en función de los aspectos más sobresalientes poder diseñar un perfil.

Se utilizará el método descriptivo toda vez que se presentará la realidad tal y como es observable, identificando como se ejecutan los diferentes procesos y que se apoyará en el método explicativo, que está orientado a tratar de determinar la relación entre dos o más variables; identificando causas y efectos; a través de la técnica de la observación y medición que permitirá conocer todos aquellos aspectos que están influyendo en el funcionamiento.

## CAPÍTULO 2

### IDENTIFICACIÓN

#### 2.1 CONCEPTO Y DEFINICIÓN.

La Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 16 de Diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito. España procede a la transposición al Derecho español el contenido de esta directiva mediante el Real Decreto 681/2003, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo y la norma contiene la definición siguiente:

“Se entenderá por atmósfera explosiva la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada”.<sup>64</sup>

El Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo del Ecuador, en su Art. 162 define:

“Se consideran locales con riesgo de explosión aquellos en los que exista alguno de los materiales siguientes:

1. Materiales E.1.- gases, vapores cuya posible mezcla con el oxígeno presente, en cantidad y composición a la temperatura existente, este comprendida dentro de los límites de explosividad, tales como metano y acetileno”.<sup>65</sup>

La norma NTP 369: Atmósferas potencialmente explosivas: instalaciones eléctricas define: “la atmósfera explosiva como una mezcla con el aire de gases, vapores, nieblas, polvos o fibras inflamables, en condiciones atmosféricas, en que después de la ignición, la combustión se propaga a través de toda la mezcla no consumida”.<sup>66</sup>

Las explosiones a las que se refieren estas definiciones son explosiones químicas producidas a partir de una reacción de combustión muy exotérmica. Se puede definir

---

<sup>64</sup>.- Real Decreto 681 / 2003, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**. España, 6 de junio 2003, España. Capítulo I, Disposiciones Generales, Artículo 2. Definición. España.

<sup>65</sup>.- Ministerio de Trabajo y Empleo, 1986, **Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo**, Decreto Ejecutivo 2393 del 17 de noviembre de 1986, Quito, Ecuador.

<sup>66</sup>.- NTP 369: Atmósferas potencialmente explosivas: Instalaciones eléctricas.

como una combustión rápida que genera gases calientes que se expansionan, dando lugar a una onda de presión (onda aérea) y a un frente de llama que se propaga rápidamente, donde la energía es liberada en un tiempo muy pequeño y por lo tanto con gran potencia.

Entonces se puede decir que:

### **Explosión.<sup>67</sup>**

Todo fenómeno de combustión que se propaga en el seno de una mezcla gaseosa inflamable.

Estas explosiones normalmente tienen dos tipos de régimen:

**Explosión deflagrante (deflagración):<sup>68</sup>** la que se propaga (mediante un frente de llama) a una velocidad espacial subsónica. Que puede generar una onda de presión (sobrepresión) de efectos destructivos medianos y que puede ser sometida a venteo o extinción.

Es decir la velocidad lineal de avance de la reacción (frente de llama) es inferior a la velocidad del sonido, y la onda de presión generada avanza por delante del frente de llama o zona de reacción.

**Explosión detonante (detonación):<sup>69</sup>** la que se propaga a velocidad espacial supersónica. Se puede generar una onda de presión (sobrepresión) de efectos destructivos potentes y que no puede ser sometida ni a venteo ni a extinción.

Este régimen de propagación de la explosión es más severo, la velocidad de propagación es superior a la velocidad del sonido y la onda de presión, denominada “onda de choque” y el frente de llama avanzan acoplados. Este fenómeno es debido al efecto de compresión de la onda de choque, la cual genera una alta temperatura y da lugar al auto ignición de la mezcla inflamable que aun no se ha quemado.<sup>70</sup>

De aquí como nota especial se requerirán métodos específicos de protección en las industrias que manejen en su proceso, o utilicen para su proceso, o produzcan en su proceso sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos.

Para nuestro caso de análisis utilizaremos como fuente de energía el gas natural para la producción de energía eléctrica, esta sustancia es inflamable en forma de gas.

Los gases que envuelven al planeta Tierra le dan un carácter único dentro de nuestro

---

<sup>67</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

<sup>68</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

<sup>69</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

<sup>70</sup>.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, **Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo**, INSHT, España, pág. 12.

sistema solar. El delgado manto de gases que envuelve nuestro planeta se llama atmósfera. Es difícil medir su profundidad, pues no termina abruptamente; el número de moléculas por unidad de volumen disminuye gradualmente a medida que aumenta la distancia respecto a la superficie terrestre.

El aire es tan familiar, y a la vez tan nebuloso, que resulta difícil pensar en él como materia. Pero es materia en estado gaseoso. Por lo tanto todos los gases, incluso el aire, tienen masa y ocupan espacio. Podemos estirar la mano y tocar los sólidos y los líquidos, pero no podemos sentir el aire a menos que sople el viento. El aire y la mayor parte de los gases son incoloros y por lo tanto resultan invisibles, pero se los puede detectar sin verlos.

El estado gaseoso tiene propiedades físicas especiales que tenemos que conocer para poder evaluar los riesgos en la industria y que son:<sup>71</sup>

## 2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GASES

Los gases no tienen forma ni volumen definido; se expanden hasta ocupar todo el volumen del recipiente que los contiene y se ajustan a su forma.

Los gases son comprensibles; se puede hacer que un gas ocupe un volumen mucho menor aumentando la presión.

La densidad de los gases es pequeña en comparación con los líquidos y los sólidos. A medida que la presión aumenta, también lo hace la densidad del gas.

Los gases encerrados en un recipiente ejercen una presión uniforme sobre todas las paredes del recipiente.

Los gases se mezclan espontáneamente y totalmente unos con otros a presión constante, siempre y cuando no se lleve a cabo una reacción química. Este fenómeno se llama difusión.

## 2.3 PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión atmosférica se define como la fuerza total que las moléculas de aire ejercen sobre cada unidad de área. Esta fuerza se debe a la atracción que la Tierra ejerce sobre la columna de aire que se extiende desde la superficie terrestre hasta las moléculas más exteriores de la atmósfera.

La presión se define como la fuerza que se ejerce por unidad de área:

---

<sup>71</sup>.- R. A. Burns, 2003, **Fundamentos de Química**, Pearson Educación, México, pág. 340

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área}.^{72}$$

## 2.4 ENERGÍA

En una forma sencilla la energía se define como la capacidad para efectuar un trabajo. Cuando dicho trabajo se realiza, se gasta energía.

Una unidad de calor o de energía que se utiliza comúnmente es la caloría (cal), que se define como la cantidad de calor necesario para elevar en 1°C la temperatura de un gramo de agua. La caloría se utiliza para expresar cantidades de energía en formas distintas de calor, ya que la energía se puede convertir en calor.

Otra unidad que se utiliza es la unidad térmica británica (BTU), que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°F la temperatura de una libra de agua. (Una libra de agua es aproximadamente 0,12 galón). La unidad térmica británica equivale a 252 calorías.<sup>73</sup>

Hoy, la principal fuente de energía para la sociedad industrial moderna proviene de la combustión o la quema de gasolina, petróleo, carbón y gas natural. Estas sustancias, cuyo origen lo constituyen las plantas y animales prehistóricos que quedaron atrapados dentro de la litósfera debido a procesos geológicos, se conocen con el nombre de combustibles fósiles, que consisten en cientos de compuestos con contenido de carbono. Los compuestos de carbono se los denomina compuestos orgánicos. La mayoría de compuestos orgánicos que hay en los combustibles fósiles contienen principalmente carbono e hidrógeno. Estos compuestos de hidrógeno y carbono se denominan hidrocarburos.

El gas natural se compone de hidrocarburos gaseosos producidos por los combustibles fósiles que se han acumulado en los depósitos de la litósfera. El gas natural se extrae de pozos de gas, se procesa y se transporta a grandes distancias por medio de tuberías para utilizarlo como combustible. La composición del gas natural varía mucho porque se compone principalmente de gas metano, etano, propano, butano e hidrocarburos más pesados, así como cantidades pequeñas de nitrógeno, helio, dióxido de carbono, compuestos de azufre y agua, y antes de su utilización se remueve la mayor parte de hidrocarburos pesados y los otros componentes no correspondientes.

El metano es el hidrocarburo más simple, se compone de moléculas que contienen un carbono unido a cuatro hidrógenos.<sup>74</sup>

---

<sup>72</sup>.- R. A. Burns, 2003, **Fundamentos de Química**, Pearson Educación, México, pág. 343

<sup>73</sup>.- T.R. Dickson, 2002, **Química Enfoque Ecológico**, Editorial Limusa, México. pág. 110.

<sup>74</sup>.- T.R. Dickson, 2002, **Química Enfoque Ecológico**, Editorial Limusa, México. pág. 113.

Puesto que la combustión de carburantes fósiles constituye la principal fuente de energía, esta se refiere a la reacción de un compuesto orgánico (hidrocarburo) con el oxígeno de la atmósfera. La combustión es un proceso exotérmico y si se efectúa de una manera controlada se puede lograr la realización de un trabajo mediante la energía liberada. La combustión del gas natural incluye la combustión del metano CH<sub>4</sub>.<sup>75</sup>

El gas natural (metano) no es tóxico, sin embargo, al igual que cualquier otro material gaseoso que no sea el aire o el oxígeno, puede causar asfixia debido a la falta de oxígeno cuando se extiende en forma concentrada en áreas cerradas y sin ventilación.

Es frecuente el empleo del término densidad relativa, en lugar de peso específico relativo, en los campos técnicos, el peso específico relativo a los gases y vapores da medida de la capacidad de los mismos para ascender o descender en la atmósfera.

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es de 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera. Información que está indicada en la Hoja de Seguridad del Anexo 1.

El calor de combustión o poder calorífico es la cantidad de calor que se origina en la combustión de la unidad de masa de un combustible.

Para nuestra información el calor de combustión o poder calorífico del metano es de 11.800 Kcal/ kg, quemando un Kg de metano se pueden fundir unos 148 kg de hielo o vaporizar unos 22 Kg de agua.<sup>76</sup>

De no manejarse adecuadamente conforme a los sistemas de seguridad, el gas natural puede ser inflamable y explosivo; sin embargo las medidas de seguridad y protección previstas en los diseños de ingeniería, las tecnologías y los procedimientos operativos de las instalaciones reducen significativamente estos riesgos.

Un gas es un fluido en el cual las fuerzas de atracción entre sus moléculas son tan pequeñas que no adopta ni forma ni volumen fijo, sino que tiende a expandirse todo lo posible para ocupar todo el espacio en el que se encuentra.

Una sustancia gaseosa tendrá las propiedades indicadas en condiciones ambientales de presión y temperatura. Son sustancias gaseosas inflamables: el hidrógeno, gases de combustión incompleta, gases procedentes de fermentaciones de materia orgánica como el metano. Los gases para su almacenamiento y utilización, normalmente, se encuentran sometidos a presión (incluso pueden estar licuados).

---

<sup>75</sup>.- T.R. Dickson, 2002, **Química Enfoque Ecológico**, Editorial Limusa, México. pág.122.

<sup>76</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 35.

Una emisión de gas, que parte de una presión superior a la ambiental, aumenta la velocidad de difusión, lo que unido a su naturaleza facilitará una mezcla íntima del gas con el oxígeno del aire.

El concepto de vapor es equivalente al de gas, y muchas veces se utilizan ambos indistintamente. Sin embargo, estrictamente, se reserva el término “vapor” al estado gaseoso que adoptan los líquidos por acción del calor. Todos los vapores de sustancias líquidas combustibles, como carburantes, aceites combustibles, disolventes, pueden causar atmósfera explosiva.

## 2.5 MEZCLA DE COMBUSTIBLE-COMBURENTE.

Cada sustancia, ya esté en forma de gas, vapor, niebla o polvo, tiene un rango de concentración en el aire dentro del cual la mezcla sustancia inflamable-aire tiene propiedades explosivas, pero, si la concentración es inferior o superior a los extremos (límites) que definen su rango de explosividad, no se produciría la explosión aunque el grado de dispersión fuese propicio.

El rango de explosividad de las sustancias inflamables se obtiene a partir de un ensayo normalizado en condiciones definidas de presión y temperatura, por tanto será propio para cada mezcla de sustancia inflamable con el aire. Además, el valor obtenido varía sensiblemente con la temperatura y la presión y según las condiciones de ensayo, fuentes de inflamación, dimensiones del recipiente.

Estos datos se suelen encontrar en las fichas de datos de seguridad bajo la denominación de LIE (límite inferior de explosividad) y LSE (límite superior explosividad). Vienen dados en forma de porcentaje en volumen y/o en masa por unidad de volumen.

## GRÁFICO 1.- RANGO DE EXPLOSIVIDAD DE UNA SUSTANCIA INFLAMABLE <sup>77</sup>



### 2.6 FUENTE DE IGNICIÓN.

La reacción de un producto al explotar es siempre una reacción de oxidación.

Para que se inicien estas reacciones se necesita una energía mínima de activación, para que se produzca la inflamación y para que la combustión se propague a la mezcla no quemada.

En muchos casos, no son necesarias energías de activación muy elevadas y, una vez desencadenada la reacción, el calor generado suele ser suficiente para que se auto mantenga la reacción.<sup>78</sup>

La evaluación de los riesgos debe permitirnos conocer si puede darse la concurrencia de los factores necesarios para que se produzca una explosión y sobre cuál de ellos es más fácil actuar para que finalmente no ocurra.

El nivel de inflamabilidad es el rango entre las concentraciones mínimas y máximas de gas (porcentaje por volumen) en el cual el aire y el gas natural forman una mezcla

<sup>77</sup>.- Ministerio de Trabajo e Inmigración, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003, **Guía Técnica para Evaluación y Prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el Lugar de Trabajo**, Real Decreto 681, Madrid-España. Pág. 15.

<sup>78</sup>.- Ministerio de Trabajo e Inmigración, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003, **Guía Técnica para Evaluación y Prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el Lugar de Trabajo**, Real Decreto 681, Madrid-España. Pág. 16.



inflamable que puede alcanzar el punto de ignición.

El gráfico 1, muestra que los límites superiores e inferiores de inflamabilidad del metano, son de 5 y 15 por ciento por volumen respectivamente. Cuando la concentración del fluido excede su límite superior de inflamabilidad, no podrá quemarse debido a que no hay suficiente oxígeno.

La información que nos da del Metano el NEC (National Electrical Code Handbook) de USA es la siguiente:

**TABLA 1.- INFORMACIÓN DEL METANO <sup>79</sup>**

Químico	CAS No	Clase I División Grupo	Tipo <sup>a</sup>	Flash point °C	AIT °C	% LFL	% UFL	Vapor density. aire = 1	Clase I Zona Grupo <sup>c</sup>
Metano	74-82-8	D <sup>d</sup>	gas	-223	630	5.0	15.0	0.6	II A

Nota:

<sup>a</sup>.- designa si el material es un gas, un líquido flamable o es un combustible líquido.

<sup>c</sup>.- Clase I, Grupo de Zona de acuerdo al IEC. (International Electrotechnical Commission)

<sup>d</sup>.- el material ha sido clasificado mediante test.

II A.- Clase I, equipo clasificado como IIA, en función del nivel de protección.

CAS.- El número de registro CAS es una identificación numérica única para compuestos químicos de la Chemical Abstracts Service, que es una división de la Sociedad Americana de Química.

Flash point.- Punto de inflamación es la temperatura (mínima) a la que un líquido emite vapores suficientes para que, iniciada mediante una fuente de ignición ajena al mismo (chispa, llama, etc.) en una aplicación instantánea, se origine la combustión sostenida de dichos vapores.<sup>80</sup>

AIT.- Punto de auto ignición. (Ignición espontánea) es la temperatura (mínima) en que una sustancia (sólida, líquida o gaseosa) tiene energía suficiente para iniciar y mantener la combustión sin necesidad de una fuente de ignición ajena.<sup>81</sup>

<sup>79</sup>. - NFPA 70, National Electrical Code 2008, NEC **2008 Handbook**, National Fire Protection Association, Massachusetts. Pág. 682.

<sup>80</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

LFL.- Límite inferior de inflamabilidad. Concentración de combustible por debajo de la cual no se inicia ni mantiene la combustión. Ello se debe al efecto inertizante (químico y térmico) del exceso de comburente. Suele estar situada en la zona de unidades de porcentaje (1-15 por 100). La llama en las cercanías del límite inferior suelen ser azuladas o incluso incoloras (llama oxidante).<sup>82</sup>

UFL.- Límite superior de inflamabilidad. Concentración de combustible por encima de la cual no se inicia ni se mantiene la combustión. Suele estar situado en márgenes más amplios de concentración. Si parte de estas partículas alcanzan la incandescencia la llama tomara una tonalidad amarillenta o rojiza (llama reductora).<sup>83</sup>

El gas metano alcanza el punto de ignición únicamente cuando la proporción o mezcla del gas con el aire queda dentro del rango limitado de inflamabilidad. Un riesgo frecuentemente esperado es la ignición a causa de flamas o chispas, y por tanto, las instalaciones se diseñan y operan bajo normas y procedimientos que eliminan este riesgo y de llegar a existir flamas o chispas, cuentan con suficientes sistemas de detección y protección en contra del incendio.

La temperatura de auto ignición es la temperatura más baja en la que el vapor de un gas inflamable puede arder en forma espontánea sin necesidad de una fuente de ignición después de varios minutos de exposición a una fuente de calor. Una temperatura mayor a la temperatura de auto ignición causara la ignición después de un periodo menor de exposición. Con respecto a las temperaturas muy altas dentro del rango de inflamabilidad, la ignición puede ser virtualmente instantánea. Para el gas que se utiliza la temperatura de auto ignición queda por arriba de los 1000°F/ 540°C y una mezcla de combustible y aire de aproximadamente el 10 por ciento de metano en el aire (en el medio del 1-15 por ciento del límite de inflamabilidad) no encuentra una fuente de ignición (flama, chispa, o fuente de calor) entonces el metano generalmente se dispersa en la atmósfera y no ocurre el incendio.<sup>84</sup>

En la actualidad, la principal fuente de energía para la sociedad industrial moderna proviene de la combustión controlada, el gas natural o metano reemplaza ventajosamente a otros combustibles, en nuestro país se está realizando el cambio de matriz energética y

---

<sup>81</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

<sup>82</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

<sup>83</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36

<sup>84</sup>.- Michelle Michot Foss, 2003, **Sistemas de Seguridad y Protección de GNL**, CEE, Center for Energy Economics. pág.19.

toma en cuenta al gas natural como una fuente de energía no renovable.

El gas natural o metano en la industria es ideal para procesos industriales.

En la industria de la cerámica, el gas natural disminuye la formación de manchas y decoloraciones de los artículos durante la cocción y secado; mejorando la calidad de los productos.

En la metalurgia tiene un gran número de aplicaciones, sus características lo hacen apto para todos los procesos de calentamiento de metales, tanto en la fusión como en el recalentamiento y tratamiento térmico.

El gas natural se utiliza en la industria del vidrio, en la infusión, feeders, arcas de recogido, decoración, y máquinas automáticas.

Además de los beneficios que reporta a la industria textil el uso del gas natural como combustible en las calderas de vapor, son múltiples los procesos donde el gas encuentra aplicaciones de acción directa de la llama.

El gas natural encuentra uno de los campos más amplios de utilización en la industria química, el gas natural como fuente de energía, tanto para la producción de vapor como para el calentamiento de las unidades de cracking y de reforming, permitiendo una perfecta regulación de la temperatura; por el ajuste de la relación aire-gas. El metano y etano constituyen la materia base en procesos fundamentales de la petroquímica, como por ejemplo la producción de hidrógeno, de metanol, de amoníaco, de acetileno, de ácido cianhídrico, estos fabricados se consideran punto de partida para la obtención de una amplia gama de productos comerciales; como fertilizantes y explosivos, urea, nitrato de amonio, solventes, plásticos, fibras, resinas, caucho etc.

Además de las aplicaciones ya mencionadas, el gas natural es una fuente de energía muy usada en todos los procesos de fabricación que requieren calor, como por ejemplo la industria del papel, alimentaria, del cemento, sector comercial y doméstico, y para uso vehicular.

Dentro del proceso de comercialización del gas natural, se realiza la licuefacción que se inicia en el siglo 20, un sistema de refrigeración licua el gas natural enfriándolo a -256°F/-160°C; la conversión de gas natural a líquido reduce su volumen aproximadamente en la proporción de 600 a 1, facilitando su transporte en buques tanques y permite que se pueda almacenar antes de ser re gasificado y entregado a los mercados.<sup>85</sup>

---

<sup>85</sup>.- Michelle Michot Foss, 2003, **Sistemas de Seguridad y Protección de GNL**, CEE, Center for Energy Economics. pág. 53.

Para nuestro propósito el gas natural se ha constituido en el combustible más económico para la generación de electricidad, ofrece las mejores oportunidades en términos de economía, aumento de rendimiento y reducción del impacto ambiental. Estas ventajas pueden conseguirse tanto en las grandes centrales termoeléctricas como en las pequeñas; donde se incluye la cogeneración que es la producción simultánea de energía eléctrica y energía térmica utilizando como único combustible el gas natural. Estas plantas tienen una óptima eficiencia en las transformaciones energéticas y con mínimas contaminaciones ambientales; contribuyendo de una manera efectiva en la reducción del efecto invernadero.

## 2.7 MARCO LEGAL

### 2.7.1 Legislación Nacional.

#### 2.7.1.1 “Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo”. Decreto Ejecutivo 2393.<sup>86</sup>

Título I.-Disposiciones Generales.

Art.1. Ámbito de Aplicación.-Las disposiciones del presente Reglamento se aplicaran a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos de trabajo y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

Art.8. Del Instituto Ecuatoriano de Normalización.

1.-Desarrollará las normas técnicas y códigos de práctica para la normalización y homologación de medios de protección colectiva y personal.

2.-Ejecutará los procesos de implantación de normas y control de calidad de los citados medios de protección.

3.-Asesorará a las diversas instituciones del país interesadas en la materia, en aspecto de normalización, códigos de prácticas, control y mantenimiento de medios de protección colectiva y personal.

Capítulo V.- Locales con riesgo de explosión.

Art.162. Se consideran locales con riesgo de explosión aquellos en los que exista alguno de los materiales siguientes:

1. Materiales E.1.

---

<sup>86</sup>.- Ministerio de Trabajo y Empleo, 1986, **Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo**, Decreto Ejecutivo 2393 del 17 de noviembre de 1986, Quito. Ecuador

Gases, vapores cuya posible mezcla con el oxígeno presente, en cantidad y composición, a la temperatura existente, este comprendida dentro de los límites de explosividad, tales como metano y acetileno.

Art. 163. Medidas de Seguridad.- En los locales con riesgo de explosión se aplicaran las prescripciones siguientes de acuerdo con el tipo de materiales existentes.

1. Materiales E.1.

Se dispondrán instalaciones de sustitución, ventilación o renovación de aire con caudal suficiente para desplazar o diluir la mezcla explosiva de la zona peligrosa.

#### **2.7.1.2 “Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios para ser aplicado por los Cuerpos de Bomberos del País”, Registro oficial 114/ 02 de abril 2009.<sup>87</sup>**

##### Capítulo I

##### Ámbito de Aplicación

Art. 1.- Las disposiciones del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios serán aplicadas en todo el territorio nacional, para los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, en edificaciones a construirse, así como la modificación, ampliación, remodelación de las ya existentes, sean públicas, privadas o mixtas, y que su actividad sea de comercio, prestación de servicios, educativas, hospitalarias, alojamiento, concentración de público, industrias, transportes, almacenamiento y expendio de combustibles, explosivos, manejo de productos químicos peligrosos y de toda actividad que represente riesgo de siniestro. Adicionalmente esta norma se aplicará a aquellas actividades que por razones imprevistas, no consten en el presente Reglamento, en cuyo caso se someterán al criterio técnico profesional del Cuerpo de Bomberos de su jurisdicción en base a la Constitución Política del Estado, normas INEN, Código Nacional de la Construcción, Código Eléctrico Ecuatoriano y demás normas y códigos conexos vigentes en nuestro país.

Toda persona natural y/o jurídica, propietaria, usuaria o administrador, así como profesionales del diseño y construcción, están obligados a cumplir las disposiciones contempladas en el presente Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, basados en normas técnicas ecuatorianas INEN.

Instalación y diseño del sistema de operación con gas (GLP).

---

<sup>87</sup>.- Ministerio de Bienestar Social, **Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios para ser aplicado por los Cuerpos de Bomberos del País**, Registro oficial 114/ 02 de abril 2009. Quito, Ecuador.

Art. 54.- Este reglamento establece los requisitos técnicos y las medidas de seguridad mínimas que deben cumplirse al diseñar, construir, ampliar, reformar, revisar y operar las instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial, así como las exigencias mínimas de los sitios donde se ubiquen los equipos y artefactos que consumen gases combustibles, las condiciones técnicas de su conexión, ensayos de comprobación y su puesta en marcha deben estar en concordancia a la NTE INEN 2260.

## **2.7.2 Legislación Internacional.**

### **2.7.2.1 “REAL DECRETO 681/2003”, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. España.<sup>88</sup>**

El Real Decreto 681/2003, de 12 de junio (BOE nº 145, de 18 de junio) sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la formación de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Este Real Decreto transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 1999/92/CE, de 16 de diciembre.

El Real Decreto 681/2003 regula la prevención y protección de los trabajadores por exposición al riesgo de explosión, que puede tener su origen en la formación de atmósferas explosivas con apartados similares a los de otras normativas también destinadas a la protección de los trabajadores: evaluación de los riesgos, medidas de prevención y protección contra los mismos, coordinación de actividades, formación e información de los trabajadores. Establece así una serie de obligaciones del empresario con objeto de prevenir las explosiones y de proteger a los trabajadores contra éstas.

Se establecen además algunas obligaciones específicas: la clasificación en zonas de las áreas de riesgo, las características específicas que deben cumplir los equipos instalados o introducidos en las zonas clasificadas y la obligatoriedad de recoger todos los aspectos preventivos que se hayan desarrollado en la empresa en un documento de protección contra explosiones, sin que ello implique la duplicidad de la documentación ya elaborada en virtud de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.

## **CAPÍTULO I**

### **DISPOSICIONES GENERALES**

---

<sup>88</sup>.- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.** España, 6 de junio 2003, Capítulo I, Disposiciones Generales, Artículo 2. Definición.

## Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación

1. Este real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores que pudieran verse expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, según se definen en el artículo 2.

2. Las disposiciones de este real decreto se aplicarán sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas establecidas en la normativa específica que sea de aplicación.

## Artículo 2. Definición

A los efectos de este real decreto, se entenderá por atmósfera explosiva la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.

Disposición final primera. Elaboración y actualización de la guía técnica.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el:

Artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

En particular, dicha guía deberá proporcionar información orientativa que pueda facilitar al empresario la elaboración del documento de protección contra explosiones al que hace referencia el artículo 8 de este real decreto.

Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales y al Ministro de Ciencia y Tecnología, previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este real decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos, en función del progreso técnico y de la evolución de las normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de protección frente a los riesgos derivados de las atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Disposición final tercera. Entrada en vigor.

El presente Real Decreto entrará en vigor el 30 de junio de 2003.

Dado en Madrid, a 12 de junio de 2003.

### 2.7.3 Normas Técnicas.

#### 2.7.3.1 Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 440.- "Colores de Identificación de Tuberías"<sup>89</sup>

##### 1. Objeto

1.1. Esta norma define los colores, su significado y aplicación, que deben usarse para identificar tuberías que transportan fluido, en instalaciones en tierra y a bordo de barco.

##### 4.- Disposiciones Generales.

##### 4.1 Clasificación de los fluidos.

4.1.1 Los fluidos transportados por tuberías se dividen, para efectos de identificación, en diez categorías, a cada una de las cuales se le asigna un color específico, según la Tabla 2.

**TABLA 2. COLORES DE IDENTIFICACIÓN DE TUBERIAS <sup>90</sup>**

FLUIDO	CATEGORIA	COLOR
AGUA	1	VERDE
VAPOR DE AGUA	2	GRIS PLATA
AIRE Y OXIGENO	3	AZUL
<b>GASES COMBUSTIBLES</b>	<b>4</b>	<b>AMARILLO OCRE</b>
GASES NO COMBUSTIBLES	5	AMARILLO OCRE
ACIDOS	6	ANARANJADO
ALCALIS	7	VIOLETA
LIQUIDOS COMBUSTIBLES	8	CAFE
LIQUIDOS NO COMBUSTIBLES	9	NEGRO
VACIO	0	GRIS

AGUA CONTRA INCENDIOS	-	ROJO DE SEGURIDAD
GLP (GAS LICUADO DE PETROLEO)	-	BLANCO

<sup>89</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 440, Colores de Identificación de Tuberías**. Quito, Ecuador.

<sup>90</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 440, Colores de Identificación de Tuberías**. Quito, Ecuador.



**2.7.3.2 Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana.  
NTE-INEN 2266.- Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos  
Químicos Peligrosos. Requisitos.<sup>91</sup>**

**Introducción**

La creciente producción de bienes y servicios requiere de una inmensa y variada gama de productos químicos que han llegado a ocupar un destacado lugar por su cantidad y diversidad de aplicaciones. Cada vez son más los sectores productivos ecuatorianos, que requieren utilizar productos químicos, por lo que su transporte, almacenamiento y manejo se han convertido en actividades de considerable dinamismo, siendo prioritaria la formulación de normas que dirijan estas tareas con eficiencia técnica y económica para evitar los riesgos y accidentes que involucren daños a las personas, propiedad privada y ambiente.

**1. Objeto**

Esta norma establece los requisitos y precauciones que se deben tener en cuenta para el transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos.

**2. Alcance**

Esta norma tiene relación con las actividades de producción, comercialización, transporte, almacenamiento y eliminación de productos químicos peligrosos.

**4. Clasificación**

Los productos químicos de uso peligroso se clasifican en las siguientes clases

CLASE 1. Explosivos

CLASE 2. Gases

CLASE 3. Productos líquidos inflamables y combustibles

CLASE 4. Sólidos inflamables. Materiales espontáneamente combustible y material peligroso cuando esta mojado

CLASE 5. Oxidantes y peróxidos orgánicos

CLASE 6. Material venenoso – Infeccioso (biopeligroso)

CLASE 7. Material radioactivo

CLASE 8. Material corrosivo

CLASE 9. Material peligroso misceláneo.

**4.2. Clase 2. Gases.**

**4.2.1 División 2.1.**

---

<sup>91</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, **NTE INEN 2266, Transporte, Almacenamiento y Manejo De Productos Químicos Peligrosos.** Requisitos. Quito, Ecuador.

Gas Inflamable. Cualquier gas que pueda arder en concentraciones normales de oxígeno en el aire. Ejemplo: GLP.

#### 4.2.2 División 2.2.

Gas no Inflamable. Gas que no arde en ninguna concentración de aire o de oxígeno. Ejemplo: Dióxido de carbono, helio, argón.

#### 4.2.3 División 2.3.

Gas Tóxico.

Gas que representa un serio riesgo para la vida si se libera en el ambiente. Ejemplo: Cloro, sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, amoníaco

6.5.2 Para etiquetar un producto químico peligroso se debe utilizar la norma INEN 2266, (sistema de la National Fire Protection Association NFPA), es decir un rombo cuadrangular no menor de 100 mm × 100 mm, dividido en 4 zonas a las cuales les corresponde un color y un número. El color indica el tipo de riesgo existente con el producto y el número indica el nivel de riesgo.

a) El color azul significa peligro de salud:

0. Material ordinario: durante un incendio no genera peligro por combustión.

1. Ligeramente Peligroso: puede causar irritación pero solo un daño residual menor.

2. Peligroso: Una exposición intensa o continua puede causar incapacidad temporal o daño residual.

3. Extremadamente peligroso: Una exposición corta puede causar serio daño temporal o permanente.

4. Mortal: Una exposición corta puede causar la muerte o un daño permanente.

b) El color rojo significa peligro de inflamabilidad:

0. No se quema.

1. Precalentamiento requerido, punto de inflamación sobre los 930°C.

2. Precalentamiento requerido, punto de inflamación bajo los 930°C (puede ser moderadamente calentado o expuesto a altas temperaturas antes de que se combusione).

3. Fácil ignición en casi todo ambiente; punto de inflamación bajo los 380°C.

4. Muy inflamable, se vaporiza rápida y completamente bajo condiciones ambientales, punto de inflamación bajo los 230°C.

c) El color amarillo significa peligro de reactividad:

0. Estable aún bajo condiciones de incendio.



1. Normalmente estable, pero puede ser inestable a temperatura y presión elevada (si se calienta).
  2. Cambio químico violento a elevada presión y temperatura o reacción violenta con agua.
  3. Capacidad de detonación o reacción explosiva si está frente a una fuente de ignición fuerte o confinado bajo calor antes de ignición (golpes y calor lo pueden detonar).
  4. Capacidad de detonación o reacción explosiva a presión y temperatura ambiente.
- d) El color blanco significa peligro especial:
- OXI Material oxidante.
  - ACID Material ácido.
  - ALC Material alcalino.
  - COR Material corrosivo.
  -  Material reactivo con agua.
  - AIR Material reactivo con aire.
  -  Material radiactivo.

GRÁFICO 2.- ROMBO DE ETIQUETA SEGÚN NFPA <sup>92</sup>



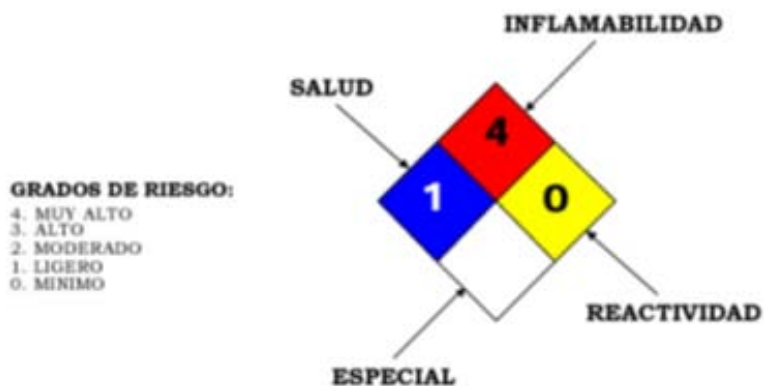
## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS **GAS NATURAL**

Números de identificación ONU: 1971 y 1972

TELÉFONOS DE EMERGENCIA (LAS 24 HORAS):

<b>ECU 911</b>		
----------------	--	--

### Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704 <sup>3</sup>



#### 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No:	HDSSQ-001
Nombre del Producto	Gas Natural
Nombre Químico	Metano
Familia Química	Hidrocarburos del Petróleo
Fórmula Molecular	Mezcla ( $\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8$ )

<sup>1</sup> Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Comunicaciones; dependiente de la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

<sup>3</sup> NFPA = National Fire Protection Association, USA.

<sup>92</sup>. - National Fire Protection, NFPA 704, USA.

**2.7.3.3.- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, CPE INEN 19:2001.-CÓDIGO DE PRÁCTICA NACIONAL.-CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL.-Primera Edición.<sup>93</sup>**

**SECCION 90. INTRODUCCIÓN.**

**90-1.Objetivo.**

**a) Salvaguardia.-**

El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad.

**b) Provisión y suficiencia.-**

Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad.

**c) Intención.-** Este código no tiene la intención de marcar especificaciones de diseño ni ser un manual de instrucciones para personal no calificado.

**CAPITULO 5. AMBIENTES ESPECIALES**

**SECCION 500. LUGARES PELIGROSOS (CLASIFICADOS).**

**500-1. Alcance.** Secciones 500 a 505. Tratan de los requisitos del alambrado y equipos eléctricos y electrónicos a cualquier voltaje, instalados en lugares Clase I, Divisiones 1 y 2, Clase II, Divisiones 1 y 2 y Clase III, Divisiones 1 y 2 en donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras o partículas combustibles.

**500-3. Generalidades**

**a) Clasificaciones de Lugares.**

Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos y gases inflamables y los polvos o fibras combustibles que pueda haber en ellos y por la posibilidad de que se produzcan concentraciones o cantidades inflamables o combustibles.

**b) Documentación.**

---

<sup>93</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE.- INEN 19:2001.- **CÓDIGO DE PRÁCTICA NACIONAL.-CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL.**-Primera edición. Capítulo 5.

Todas las áreas designadas como lugares peligrosos (clasificados) deben estar adecuadamente documentadas. Esta documentación debe estar disponible para quienes están autorizados a diseñar, instalar, mantener u operar el equipo eléctrico en el lugar.

#### 500-4 Técnicas de protección.

A continuación se indican las técnicas de protección aceptables para los equipos eléctricos y electrónicos instalados en lugares peligrosos (clasificados).

##### a) Aparatos a prueba de explosión.

Esta técnica de protección se permite para los equipos instalados en lugares Clase I Divisiones 1 y 2 para los que estén aprobados.

#### 500-5. Precauciones especiales.

Las secciones 500 a 504 exigen que los equipos estén contruidos e instalados de manera que garanticen un funcionamiento seguro en condiciones adecuadas de uso y mantenimiento. La clasificación de área, alambrado y la selección de equipos deben estar supervisados por un ingeniero especializado en lugares peligrosos (clasificados).

##### a) Clasificación por grupos de las atmósferas de Clase I.

Los grupos de Clase I son:

##### Grupo A.

Atmósferas que contengan acetileno.

##### Grupo B.

Atmósferas que contengan hidrógeno, combustibles y gases combustibles de procesos con más del 30% de hidrógeno por volumen o gases o vapores de riesgo equivalente, como butadieno, oxido de etileno, oxido de etileno, oxido de propileno y acroleína.

##### Grupo C.

Atmósferas con gases como éter etílico, etileno u otros gases o vapores de riesgo equivalente.

##### Grupo D.

Atmósferas con gases como acetona, amoniaco, benceno, butano, ciclo propano, etanol, gasolina, hexano, metanol, metano, gas natural, nafta, propano o gases o vapores de riesgo equivalente.

#### **NOTAS:**

Las características de explosión de las mezclas de aire con gases o vapores pueden variar según el material involucrado. Para los lugares Clase I y los grupos A, B, C y D, la clasificación supone la determinación de la presión máxima de explosión y del intersticio máximo de seguridad entre las partes de las juntas ajustadas a un encerramiento. Por lo

tanto, es necesario que los equipos estén aprobados no solo para lugares de una clase determinada, sino también para el grupo de gases o vapores que pueda haber en dichos lugares.

Aprobación de la Clase y propiedades.

Independientemente de la clasificación del lugar donde estén instalados, los equipos que dependan de un solo sello de presión, un diafragma o un tubo para evitar que entren fluidos inflamables o combustibles en el equipo. Deben estar aprobadas para lugares Clase I, División 2.

Estos equipos deben estar aprobados no sólo para el lugar de las clases correspondientes, sino también de acuerdo con las propiedades explosivas, combustibles o de ignición del vapor, gas, polvo fibra o partículas que pueden haber en él. Además, los equipos de clase I no deben tener ninguna superficie expuesta que pueda calentarse durante su funcionamiento por encima de la temperatura de ignición del gas o vapor que pueda haber. Los equipos de Clase II no deben tener partes extremas a una temperatura superior a la especificada en el Artículo 500-5f). Los equipos de Clase III no deben tener partes extremas a una temperatura superior a la especificada en el Artículo 503-1.

a) Rotulado.

Los equipos aprobados se deben rotular con la clase, grupo y temperatura o rango de temperaturas de funcionamiento referenciado para un ambiente a 40°C.

Si aparece en el rotulo, el rango de temperatura debe estar indicado mediante las marcas identificativas de la Tabla 500-5.d). Los números de identificación rotulados en las placas de características de los equipos deben estar de acuerdo con la tabla 500-5.d). Los equipos aprobados para lugares Clase I y Clase II deben ir rotulados con la temperatura máxima de operación segura, calculada según la exposición simultanea a las combinaciones que puedan darse en los lugares Clase I Clase II.

**NOTA.-** Como no existe relación directa entre las propiedades de explosión y la temperatura de ignición, estos dos requisitos son independientes.

Temperatura de Clase I.

La temperatura rotulada según el anterior apartado d) no debe superar, la temperatura de ignición del gas o vapor específico que pueda encontrarse.

500-7. Lugares Clase I.

Los lugares Clase I son aquellos en los que hay o puede haber presente en el aire gases o vapores inflamables en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables. Los lugares Clase I son los incluidos en los siguientes apartados a) y b):

a) Clase I División 1.

Un lugar de Clase I División 1 es un lugar:

1) en que, en condiciones normales de funcionamiento, puede haber concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, o 2) en el que frecuentemente, debido a operaciones de reparación o mantenimiento o a fugas, puede haber concentraciones combustibles de dichos gases o vapores, o 3) en el que la rotura o funcionamiento defectuoso de equipos o procesos pueda liberar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables y simultáneamente se puede producir una avería en el equipo eléctrico de una forma en que se pueda causar directamente que el equipo se convierta en una fuente de ignición.

b) Clase I División 2.

Un lugar de Clase I División 2 es un lugar:

1) en el que se manipulan, procesan o utilizan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables pero en el que dichos líquidos, vapores o gases están normalmente dentro de contenedores cerrados o en sistemas cerrados de los que pueden salir solo por rotura accidental o avería de dichos contenedores o sistemas o si funcionan mal los equipos;

2) en los que normalmente se evita la concentración combustible de gases o vapores mediante ventilación mecánica forzada y que se puede convertir en peligrosos por la falta o funcionamiento anormal del equipo de ventilación;

3) adyacente a un lugar de la Clase I División 1 y al que en consecuencia puedan llegar concentraciones combustibles de gases o vapores, a menos que dicha posibilidad se evite mediante un sistema de ventilación forzada desde una fuente de aire limpio y medidas de seguridad eficaces contra las posibles fallas de ventilación.

## 2.8 OBLIGACIONES GENERALES Y DE COORDINACIÓN.

### 2.8.1 Constitución de la República Del Ecuador.<sup>94</sup>

Sección tercera

Formas de trabajo y su retribución.

Artículo 326

Numeral 5, Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

---

<sup>94</sup>.- **Constitución de la República del Ecuador**. 2008. Montecristi. Ecuador.



### **2.8.2 OIT.- Organización Internacional del Trabajo.<sup>95</sup>**

CONVENIO C174 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, 1993.<sup>96</sup>

#### **PARTE I. CAMPO DE APLICACION Y DEFINICIONES**

##### **Artículo 1**

1. El presente Convenio tiene por objeto la prevención de accidentes mayores que involucren sustancias peligrosas y la limitación de las consecuencias de dichos accidentes.

2. El Convenio se aplica a instalaciones expuestas a riesgos de accidentes mayores.

### **2.8.3 Recomendación R181 - Prevención de accidentes industriales mayores.<sup>97</sup>**

1. Las disposiciones de la presente Recomendación deberían aplicarse conjuntamente con las del Convenio sobre la prevención de accidentes industriales mayores, 1993 (en adelante designado con la expresión "el Convenio").

2. La Organización Internacional del Trabajo, en colaboración con otras organizaciones internacionales interesadas, intergubernamentales o no gubernamentales, debería adoptar disposiciones para que haya un intercambio internacional de informaciones sobre:

a) las prácticas de seguridad satisfactorias en las instalaciones expuestas a riesgos de accidentes mayores, incluyendo la gestión de los sistemas de seguridad y la seguridad de los procedimientos de trabajo;

b) los accidentes mayores;

c) las experiencias adquiridas a raíz de cuasi accidentes

d) las tecnologías y procedimientos prohibidos por razones de seguridad y salud;

3. La política nacional estipulada en el Convenio, así como la legislación nacional u otras medidas destinadas a aplicar dicha política, deberían inspirarse, según los casos, en el Repertorio de recomendaciones prácticas para la prevención de accidentes industriales mayores, publicado por la OIT en 1991.

### **2.8.4 Decisión 584 Sustitución de la Decisión 547.- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).<sup>98</sup>**

Capítulo II.- Política de prevención de riesgos laborales.

---

<sup>95</sup>.- OIT.-Organización Internacional del Trabajo. **Instrumento de Enmienda de 1972.**

<sup>96</sup>.- OIT.- **CONVENIO C174 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, 1993.**

<sup>97</sup>.- OIT.- **RECOMENDACION R181 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, 1993-**

<sup>98</sup>.- Comunidad Andina. 2003. **Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.** Capítulo I, Disposiciones Generales. Lima. Perú.

Artículo 4.- En el marco de sus Sistemas Nacionales de Seguridad y Salud en el Trabajo, los países miembros deberán propiciar el mejoramiento de las condiciones de SST, a fin de prevenir daños en la integridad física y mental de los trabajadores que sean consecuencia, guarden relación o sobrevengan durante el trabajo.

### **2.8.5 Resolución 957.- Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.<sup>99</sup>**

#### **CAPÍTULO I**

Gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

Artículo 1.- Según lo dispuesto por el artículo 9 de la Decisión 584, los Países Miembros desarrollarán los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

### **2.8.6 Ley de Seguridad Social.<sup>100</sup>**

Artículo 155,

El Seguro General de Riesgos del Trabajo protege al afiliado y al empleador mediante programas de prevención de los riesgos derivados del trabajo, y acciones de reparación de los daños derivados de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, incluida la rehabilitación física y mental y la reinserción laboral.

### **2.8.7 Código del Trabajo.<sup>101</sup>**

En su artículo 38 establece que:

“Los riesgos provenientes del trabajo son de cargo del empleador y cuando a consecuencia de ellos, el trabajador sufre daño personal, estará en la obligación de indemnizarle de acuerdo con las disposiciones de este Código, siempre que tal beneficio no le sea concedido por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social”;

Artículo 410 prevé que:

“Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o vida;... Los trabajadores están obligados a acatar las medidas de prevención, seguridad e higiene determinadas en los reglamentos y facilitadas por el empleador. Su omisión constituye justa causa para la terminación del contrato de trabajo”;

---

<sup>99</sup>.- Comunidad Andina. 2005. **Resolución 957.-Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo**. Lima. Perú.

<sup>100</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. 2001. **Ley de Seguridad Social**. Quito.

<sup>101</sup>.- Ministerio de Relaciones Laborales. 2005. **Código del Trabajo**. Quito.

Artículo 432 del Código de Trabajo dispone que:

”En las empresas sujetas al régimen del seguro de riesgos del trabajo, además de las reglas sobre prevención de riesgos establecidos en este capítulo, deberán observarse también las disposiciones o normas que dictare el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social”;

#### **2.8.8 Reglamento General del Seguro de Riesgos del Trabajo, Resolución 741.<sup>102</sup>**

Artículo 44.-

Las empresas sujetas al régimen del IESS deberán cumplir las normas y regulaciones sobre prevención de riesgos establecidas en la Ley, Reglamento de Salud y Seguridad de los Trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, en el propio Reglamento General y en las recomendaciones específicas efectuadas por los servicios técnicos de prevención, a fin de evitar los efectos adversos de los accidentes del trabajo y las enfermedades profesionales, así como también de las condiciones ambientales desfavorables para la salud de los trabajadores.

#### **2.8.9 Reglamento para el Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo - “SART”.<sup>103</sup>**

Que, en el numeral 8 del artículo 42 del Reglamento Orgánico Funcional del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, establece como responsabilidad de la Dirección del Seguro General de Riesgos del Trabajo la siguiente:

“La reposición de normas y criterios técnicos para la gestión administrativa, gestión técnica, del talento humano y para los procedimientos operativos básicos de los factores de riesgos y calificación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, y su presentación al Director General, para aprobación del Consejo Directivo”; Que, de conformidad con la disposición constante en el numeral 15 del artículo 42 del referido Reglamento Orgánico Funcional, es responsabilidad de la Dirección del Seguro General de Riesgos del Trabajo: “La organización y puesta en marcha del sistema de auditoría de riesgos del trabajo a las empresas, como medio de verificación del cumplimiento de la normativa legal”;

---

<sup>102</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1990. **Reglamento General del Seguro de Riesgos del Trabajo. Resolución No. 741.** Quito. Ecuador.

<sup>103</sup> .- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. 2010. **Reglamento para el sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo-SART- C.D. 333.** Quito.

Que, es necesario contar con las herramientas normativas que regulen la ejecución del SISTEMA DE AUDITORÍA DE RIESGOS DEL TRABAJO - “SART” a cargo del Seguro General de Riesgos del Trabajo - SGRT, como medio de verificación del cumplimiento de la normativa técnica y legal en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Por parte de las empresas u organizaciones, empleadores que provean ambientes saludables y seguros a los trabajadores y que de esa manera coadyuven a la excelencia organizacional; y,

En uso de las atribuciones que le confieren los literales b), c) y f) del artículo 27 de la Ley de Seguridad Social, se expide el Reglamento para el sistema de Auditoria de riesgos de trabajo “SART” C.D. 333.

#### **2.8.10 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.**

DECRETO EJECUTIVO 2393.<sup>104</sup>

Título I.-Disposiciones Generales.

Art.1. Ámbito de Aplicación.-Las disposiciones del presente Reglamento se aplicaran a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos de trabajo y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

Art. 5.- Responsabilidades del IESS.

No. 5.- informar e instruir a empresas y trabajadores sobre prevención de siniestros, riesgos del trabajo y mejoramiento del medio ambiente.

Art. 11. Obligaciones de los empleadores.- Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, las siguientes:

1. Cumplir las disposiciones de este Reglamento y demás normas vigentes en materia de Prevención de riesgos.
2. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.
3. Mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro.

---

<sup>104</sup>.- Ministerio de Trabajo y Empleo, 1986, **Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393**. Quito. Ecuador.

**2.8.11 Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios para ser aplicado por los Cuerpos de Bomberos del país, R.O 114/02 de 04/2009.<sup>105</sup>**

Capítulo I

Art. 2.- Control y Responsabilidad.-

Corresponde a los Cuerpos de Bomberos del País, a través del Departamento de Prevención (B2), cumplir y hacer cumplir lo establecido en la Ley de Defensa Contra Incendios y sus Reglamentos; velar por su permanente actualización.

La inobservancia del presente Reglamento, establecerá responsabilidad según lo dispone el Art. 11 numeral 9 y Art. 54 inciso segundo de la actual Constitución Política del Estado.

servicios técnicos de prevención, a fin de evitar los efectos adversos de los accidentes del trabajo y las enfermedades profesionales, así como también de las condiciones ambientales desfavorables para la salud de los trabajadores.

---

<sup>105</sup>.- Ministerio de Bienestar Social, 2009. Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios para ser aplicado por los Cuerpos de Bomberos del País, Registro Oficial 114. Quito, Ecuador.

## CAPÍTULO 3

### EVALUACIÓN

#### 3.1 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES MAYORES.

El potencial de accidentes industriales mayores, que se ha incrementado de forma significativa con el aumento de la producción, almacenamiento y utilización de sustancias peligrosas, ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con un enfoque sistemático y claramente definido para el control de tales sustancias, a fin de proteger a los trabajadores, la población y el ambiente.

El Consejo de Administración de la Oficina Internacional del Trabajo, elaboró un repertorio de recomendaciones prácticas sobre los riesgos de accidentes mayores, en octubre de 1990, y que están destinadas para el uso de quienes son responsables de la prevención de accidentes industriales mayores, y comprende todos los elementos necesarios para establecer y aplicar un sistema de control de riesgos mayores, incluidos la ubicación y urbanización de instalaciones, el análisis de las situaciones de peligro y de los riesgos, la prevención de las causas de accidentes, el funcionamiento de las instalaciones en condiciones de seguridad, las planificaciones para los casos de emergencia en las instalaciones y fuera de ellas, la información al público y la notificación a las autoridades.

Este repertorio no está destinado a reemplazar las disposiciones reglamentarias nacionales, ni las normas vigentes. Ha sido elaborado con el propósito de suministrar orientaciones a quienes puedan estar comprendidos en el marco de disposiciones relativas al control de accidentes mayores en la industria.

De este repertorio tomamos algunas definiciones importantes como son:

#### **Accidente mayor:**<sup>106</sup>

Suceso inesperado y súbito (en particular, emisión, incendio o explosión importante), resultante de acontecimientos anormales durante una actividad industrial, que supone un peligro grave para los trabajadores, la población o el medio ambiente, sea inminente o no, dentro o fuera de la instalación, y en el que intervienen una o más sustancias peligrosas.

---

<sup>106</sup>.- OIT.-Oficina Internacional del Trabajo, 1990, **Prevención de accidentes industriales mayores**; Ginebra, pág. 2.

### **Análisis de las consecuencias de un accidente:**<sup>107</sup>

Determinación de los acontecimientos no deseados que conducen a la materialización del riesgo; análisis de los mecanismos por los que esos acontecimientos no deseados podrían sobrevenir y, generalmente, estimación del alcance, magnitud y probabilidad relativa de cualesquiera efectos nocivos.

### **Instalación de riesgo mayor:**<sup>108</sup>

Instalación industrial en la que se almacena, transforman o fabrican sustancias peligrosas de tal forma y en la cantidad que pueden causar un accidente mayor.

Las instalaciones de riesgo mayor, por causa de la naturaleza y de la cantidad de sustancias peligrosas utilizadas, pueden ocasionar un accidente mayor, por el escape de sustancias tóxicas que son mortales o nocivas, el escape de líquidos o gases inflamables que pueden encenderse presentando altas radiaciones térmicas o formar una nube explosiva.

Las instalaciones de riesgo mayor deberían tener la información necesaria en materia de seguridad industrial con información técnica sobre el diseño y el funcionamiento del proceso, el detalle de su sistema de seguridad, la documentación de estudios de riesgos, y las precauciones de seguridad que se tomen para impedir accidentes mayores.

La prevención de las causas de accidentes mayores se debe aplicar mediante adecuadas medidas técnicas y de gestión, como son las que nos indica la OIT en su repertorio de

### **“Prevención de accidentes industriales mayores.”**<sup>109</sup>

- 5.1. Buen diseño, construcción y montaje de la instalación, incluida la utilización de componentes de buena calidad;
- 5.2. Mantenimiento periódico de la instalación;
- 5.3. Buen funcionamiento de la instalación;
- 5.4. Buena gestión del sistema de seguridad en el lugar de trabajo;
- 5.5. Inspección periódica de la instalación, con actividades de reparación y sustitución de componentes cuando sea necesario;
- 5.6. Fallos o averías de los componentes;
- 5.7. Funcionamiento anormal;
- 5.8. Errores humanos y de organización;

---

<sup>107</sup>.- OIT.-Oficina Internacional del Trabajo, 1990, **Prevención de accidentes industriales mayores**; Ginebra, pág. 3.

<sup>108</sup>.- OIT.-Oficina Internacional del Trabajo, 1990, **Prevención de accidentes industriales mayores**; Ginebra, pág. 3.

<sup>109</sup>.- OIT.-Oficina Internacional del Trabajo, 1990, **Prevención de accidentes industriales mayores**; Ginebra, pág. 9.

5.9. Accidentes que se produzcan por causa de actividades cercanas o en instalaciones vecinas;

5.10. Sucesos y catástrofes naturales y actos mal intencionados.

Se tiene que destacar la importancia que tienen las consideraciones de seguridad en el diseño de las plantas y todas las acciones dirigidas a dotar a estas de sistemas preventivos, al igual que aquellas que tienen por objeto la actuación ante un siniestro, deben estar encuadradas dentro de límites razonables, donde se combinen la seguridad con la inversión requerida para conseguirla.

Los sistemas de prevención de accidentes permiten la seguridad del diseño, y entre las cosas que tenemos que tener en cuenta son las que nos indica J.M. Storch en su “Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras”<sup>110</sup>

- 1) Las distancias entre fuentes de peligro y disposición de las mismas.
- 2) Normas reconocidas de diseño, por ejemplo: códigos de construcción de equipos.
- 3) Descargas de elementos de protección o venteos de antorcha.
- 4) Sistemas para bloqueos y parada de emergencia.
- 5) Redundancias: en control de procesos, dobles cierres en bombas, etc.
- 6) Suministros y elementos de equipo vitales doblados.

Entre los sistemas para la mitigación de accidentes mayores tenemos la detección temprana, como los detectores de gases, humos, radiación, pinturas especiales que varían de color de acuerdo a la temperatura, rondas de vigilancia de los operadores, sistemas audiovisuales de supervisión.

Las protecciones pasivas constituyen un factor de reducción de las consecuencias, como son los cubetos de retención, pavimentación, pendientes, drenajes de los cubetos.

Y las protecciones activas son elementos de seguridad en situaciones determinadas y que son activadas manual o automáticamente como son las redes contraincendios o los extintores manuales.

Al abordar el diseño de una planta nueva es conveniente tener en cuenta lo siguiente:<sup>111</sup>

- 1) Propiedades físicas y químicas. Datos de todos los productos que intervienen en el diseño.
- 2) Velocidades de reacción.

---

<sup>110</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño, Volumen I**, Editorial McGraw-Hill, Madrid, pág. 376.

<sup>111</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño, Volumen I**, Editorial McGraw-Hill, Madrid, pág. 377.



- 3) Compatibilidad de los productos. Sirve para establecer las tolerancias de corrosión y los peligros de derrame o mezcla accidental.
- 4) Toxicidad. Indica la necesidad de equipos especiales para la protección personal.
- 5) Riesgos de explosión. Puede determinar la necesidad de atmósfera inerte.
- 6) Fiabilidad de los servicios. Ayudan a diseñar las necesidades de calefacción o refrigeración en el caso de fallos del suministro eléctrico.
- 7) Instrumentos. Consideraciones en cuanto a un diseño libre de fallos para diversas averías en los servicios.
- 8) Materiales de construcción. Dando tolerancias de corrosión cuando sea el caso.
- 9) Presión de la red de agua. Hay que contar con las posibles necesidades de agua durante la extinción de incendios.
- 10) Temperaturas. Se debe establecer tolerancias para las condiciones de sobre calentamiento durante los incendios y para los riesgos de personal.
- 11) Potencial humano. Se deben considerar las protecciones mediante procesos automatizados que exijan un empleo reducido de mano de obra.
- 12) Inversión. Los gastos en seguridad deben equilibrar también la pérdida de producción durante los accidentes y explosiones.
- 13) Relación con otras unidades. La importancia de la continuidad de producción, durante los accidentes y explosiones, cuando los productos de una unidad alimenten otra u otras.

Situación de las instalaciones. Se deben considerar los riesgos de la proximidad.

A lo largo de los años se han producido accidentes industriales con graves efectos sobre las personas, medio ambiente y bienes entre los que podemos mencionar, entre otros, los de Flixborough (74), Seveso (76), San Juanico (84), Bhopal (84) en los que se produjeron muertes múltiples y graves pérdidas patrimoniales.

Estos accidentes, tradicionalmente conocidos como accidentes mayores, se empiezan a denominar accidentes graves, lo que sin duda alguna es una mejor nomenclatura, han puesto de manifiesto los riesgos que plantean la proximidad de ciertos establecimientos industriales a zonas residenciales, zonas frecuentadas por público y otras zonas consideradas de interés y sensibilidad especial.

Especialmente, a partir del accidente ocurrido en Seveso se ha generado una creciente preocupación de la sociedad por estos accidentes reclamando a los gobiernos de las naciones que en las políticas de ordenación del territorio los Estados tengan en cuenta la necesidad, a largo plazo, de asegurar la separación adecuada entre dichas zonas y los

establecimientos que presenten tales peligros en el caso de instalaciones de nueva construcción y que las ya existentes tengan en cuenta medidas técnicas complementarias a fin de disminuir los riesgos para las personas. Todo esto, se traduce, en definitiva, en la exigencia del cumplimiento de una legislación para garantizar unas condiciones de seguridad estrictas, lo que supone un avance significativo en la problemática de los accidentes graves.

El gran empuje en seguridad aparece en la Unión Europea y la obligación, que se adquiere, para transponer a las legislaciones de los estados miembros directivas con las que se pretende armonizar los principios y prácticas de los Estados Miembros. Entre estas se incluye la 82/501/CEE conocida como directiva Seveso y la más reciente 96/82/CE. Esta va a suponer cambios importantes en la legislación de los estados miembros, especialmente respecto a las obligaciones de los titulares de los establecimientos industriales y a sus relaciones con las autoridades competentes con un nuevo sistema de gestión de los riesgos que facilite la inspección y el control de los mismos.

El objetivo fundamental de esta directiva es la disminución y limitación de los riesgos inherentes con cierta clase de establecimientos industriales obligando a las empresas y autoridades competentes a cumplir ciertos requisitos para garantizar unos niveles de protección elevados limitando sus consecuencias en orden a la protección de la población y de los bienes y del medio ambiente entendido como el conjunto de recursos que condicionan y sustentan la vida del hombre: el aire, el agua, el suelo, el clima, las especies de flora y fauna; las materias primas, el hábitat y el patrimonio natural y cultural.

### 3.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.

Desde hace muchos años atrás se han desarrollado y utilizado métodos para el análisis y evaluación de los diferentes tipos de riesgo que derivan de las actividades humanas, para afrontar el tema presente se debe admitir una realidad: cualquier actividad, natural o artificial aporta un riesgo. La Seguridad Industrial tiene por objeto la prevención y limitación de riesgos, así como la protección contra accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, a la flora, a la fauna, a bienes o al ambiente, derivados de la actividad industrial o de la utilización, funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones o equipos y de la producción, uso o consumo, almacenamiento o desecho de los productos industriales.

Las actividades de prevención y protección tienen como finalidad limitar las causas que originen los riesgos, así como establecer los controles necesarios que permitan detectar o contribuir a evitar aquellas circunstancias que pudieran dar lugar a la aparición de riesgos y mitigar las consecuencias de posibles accidentes.

Se tiene como consideración especial y en particular en nuestro caso los incendios y explosiones, en las instalaciones, que deberán ajustarse a los requisitos legales y reglamentarios de seguridad.

Los análisis de riesgos, por tanto, tratan de estudiar, evaluar, medir y prevenir los fallos y las averías de los sistemas técnicos y de los procedimientos operativos que pueden iniciar y desencadenar sucesos no deseados (accidentes) que afecten a las personas, los bienes y el ambiente.

Los métodos para la identificación, análisis y evaluación de riesgos son una herramienta muy valiosa para abordar con decisión su detección, causa y consecuencias que puedan acarrear, con la finalidad de eliminar o atenuar los propios riesgos así como limitar sus consecuencias, en el caso de no poder eliminarlos.

#### **Objetivos principales.<sup>112</sup>**

- a.- Identificar y medir los riesgos que representa una instalación industrial para personas, bienes, servicios y el medio ambiente.
- b.- Definir accidentes mayores que sean posibles y con un riesgo (probabilidad x severidad) significativo.
- c.- Determinar el alcance, en el espacio, de los accidentes citados en ítem b.- (zonas vulnerables y daños probables).
- d.- Análisis de las causas de los accidentes.
- e.- Discernir la aceptabilidad o no, en términos objetivos, de instalaciones y operaciones propias de la planta que se estudio, así como de su ubicación y distribución en planta.
- f.- Definir medidas de prevención y protección (activa y pasiva) para evitar la ocurrencia y/o mitigar las consecuencias: disminución de la probabilidad y/o la severidad de los accidentes.
- g.- Cumplir los requisitos legales tendientes a los mismos objetivos (de las normativas nacionales e internacionales que persiguen los mismos objetivos).

---

<sup>112</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid, pág. 194.

Existen riesgos asociados con cualquier actividad, pero no se pueden evaluar hasta no haberlos identificado.

Esta identificación implica reconocer las consecuencias específicas indeseables, las características de los materiales, los sistemas, procesos que pudieran producir dichas consecuencias.

Dentro de esta identificación vamos a concentrarnos en parámetros específicos como son: poner énfasis en accidentes severos, determinando las zonas probables de accidentes, analizando las causas de estos eventos, y desde luego observando los requisitos legales y que estos se cumplan.

Para que se cumplan los requisitos legales debemos tener la documentación del proceso como es diagramas y descripción, instrucciones de operación, descripción de los sistemas de control y alarmas, hojas de seguridad, y los servicios que contribuyen al proceso; las especificaciones del equipo, sus planos y materiales y desde luego el historial de incidentes y accidentes.

Son muy numerosas las actividades e instalaciones industriales en las que están presentes sustancias combustibles y/o gases y vapores inflamables. De acuerdo con esto deben establecerse “áreas de riesgo” en las que resulta necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad de los trabajadores, los bienes y la continuidad de las actividades.

En este proyecto se realiza un estudio de atmósferas explosivas que pueden existir en el funcionamiento de las plantas de generación eléctrica a base de gas natural. La normativa internacional y parte de la normativa nacional vigente establece unos requisitos de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones industriales.

En el caso de las atmósferas explosivas, destacan publicaciones europeas como las Directivas 94/9/CE y 1999/92/CE que establece los Requisitos Esenciales de Seguridad y Salud relativos, por un lado, al material no eléctrico y sistemas de protección destinados a utilizarse en atmósferas explosivas y, por otro, a los dispositivos destinados a ser utilizados para el funcionamiento seguro de los aparatos que están dentro de las áreas clasificadas. La Directiva 1999/92/CE establece las disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores que pudiesen verse expuestos a riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas. La norma API 505 establece una clasificación de las áreas de riesgo en zonas según el estudio de diversos parámetros: tipo de sustancia inflamable o combustible, fuente de escape, tasa y grado de escape y ventilación de la zona.

En el caso de riesgo de incendio, la norma americana NFPA 850, de uso muy generalizado, establece las medidas de protección y prevención que se deben tomar en instalaciones de generación eléctrica.

La instalación de estudio es la central térmica Termogas Machala EP, la cual se encuentra ubicada en la provincia de El Oro, aproximadamente a 1,5 kilómetros de la Comuna de Bajo Alto, Parroquia Tendales perteneciente al Cantón El Guabo de la Provincia de El Oro, a 28 kilómetros de la ciudad de Machala; que utiliza como materia prima de su proceso la energía del gas natural del campo Amistad, extraído costa afuera, aproximadamente a 68 Km. de la Central. El gas natural es conducido a través de un gasoducto marítimo / tierra, el cual se lo trata y se lo usa como principal fuente de combustible para generación eléctrica.

El gas natural es suministrado por la Planta Deshidratadora de Petroecuador EP a través de una tubería de 10 pulgadas, con las siguientes características:

Presión de gas 400 psi, y una Temperatura de: 104 °F, (40 °C).

El análisis del proceso y su ubicación nos permite señalar las áreas donde podrían formarse atmósferas explosivas y clasificarlas, o por frecuencia de aparición de ésta. En este sentido, debemos mencionar que el gas natural es la sustancia más peligrosa para la formación de atmósferas explosivas, recordemos que de acuerdo a su hoja técnica o MSDS<sup>113</sup> que indica que su inflamabilidad tiene un número alto de 4, siendo la máxima escala 4.

El proceso de entrada de gas y el funcionamiento de la turbina lo describimos para indicar el sistema de seguridad en operación de la Central, que nos servirá para el análisis de riesgo de atmósferas explosivas, clasificación de zonas, y uso de equipos de control que están designados para el uso en atmósferas peligrosas.

El inicio del proceso de alimentación de gas natural a la turbina de generación se inicia en la válvula de seguridad de la Planta deshidratadora y con ayuda del plano de designación o de flujo tenemos:<sup>114</sup>

### **3.2.1 SDV o shutdown valve o válvula de cerrado de flujo de gas:**

Identificación de la fuente de escape: posibles puntos de escape de los empaques.

Grado de escape: secundario, no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

---

<sup>113</sup>.- Anexo 1.- **Hoja de Datos de seguridad para Sustancias Químicas**. PEMEX. México.

<sup>114</sup>. - Anexo 3. - **No 2. GE-GT GAS FUEL SUPPLY (P & D)**.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

- Tipo: Natural
- Grado: Medio
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista está situada al aire libre. Designación de la zona, Zona 2. Ref API 505.

CONTROL:

Actuadores neumáticos,

Sensor de sobre o baja presión;

Detección de fuego y alarma en la planta por fusión de fusible térmico;

Activación manual del sistema de emergencia

O por operación manual.

### **3.2.2 Tubería de alimentación de gas natural:**

Identificación de la fuente de escape: tubería sin costuras y soldada.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

- Tipo: Natural
- Grado: Alto
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista está situada al aire libre. Designación de la zona, Zona 2. Ref. API 505.

### **3.2.3 Filtro separador (FG-1):**

Identificación de la fuente de escape: posibles puntos de escape de los empaques, instalaciones de control.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

- Tipo: Natural
- Grado: Alto
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista está situada al aire libre. Designación de la zona, Zona 2. Ref API 505.

CONTROL:

Sensor de temperatura con indicador visual;

Sensor de presión diferencial con indicador visual;

Sensor de presión de paso del flujo con indicador visual;

Evacuación automática de condensado con válvula electro neumático de:

Clase I grupo B, C y D. Ref: CPE INEN 19:2001

Clase II grupo E, P y G. Ref: CPE INEN 19:2001

### **3.2.4 Válvula de cierre manual (HV-101). Filtro final (Scruber filter 2E-101):**

Identificación de la fuente de escape: posibles puntos de escape de los empaques, instalaciones de control.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

- Tipo: Natural
- Grado: Alto
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista está situada al aire libre. Designación de la zona, Zona 2. Ref. API 505.

**CONTROL:**

Control digital de temperatura visualizado en la sala de control.

Control digital de presión visualizado en la sala de control

Con señal de presión; que se envía al control Mark V.

Válvula de seguridad PSV, con conexión al venteo, arresta llamas y conexión a tierra.

Residuo de condensado (líquido inflamable), con mirilla visual y control de nivel digital visualizado en la sala de operación.

EEx e II T6. Ref: ATEX 95.

**3.2.5 Medidor de presión diferencial (FE 162):**

Identificación de la fuente de escape: instalaciones de control.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

- Tipo: Natural
- Grado: Alto
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista está situada al aire libre. Designación de la zona, Zona 2. Ref. API 505.

**CONTROL:**

Control electro neumático envía señal digital al control Mark V.

EEx e II T6, con panel herméticamente cerrado.

T6 (Tamb= -50 to 65°C); T5 (Tamb= -50 to 80°C)

Con transmisor EEx II 1/2GD. Ref: ATEX 95.

**3.2.6 Medidor de temperatura (TE 163):**

Identificación de la fuente de escape: instrumentos de medida.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas



Ventilación:

- Grado: Alto
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista está situada al aire libre. Designación de la zona, Zona 2. Ref. API 505.

CONTROL:

Transmisor de señal digital para atmósferas explosivas, que envía su señal al control Mark V.

### **3.2.7 Válvula de seguridad de corte (PSV 171):**

Identificación de la fuente de escape: posibles puntos de escape de los empaques, instrumentos de control.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

- Tipo: Natural
- Grado: Alto
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista está situada al aire libre. Designación de la zona, Zona 2. Ref. API 505.

CONTROL

Válvula de bola con actuador electro neumático,

Monitor de posición digital de la válvula, envía su señal abierto o cerrado al control Mark V.

EEx d IIC T5. Ref: ATEX 95.

### **3.2.8 Válvula de disparo/venteo (PSV 172):**

Identificación de la fuente de escape: posibles puntos de escape de los empaques, instalaciones de control.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

Tipo: Natural

- Grado: Alto
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista está situada al aire libre. Designación de la zona, Zona 2. Ref. API 505.

CONTROL:

Monitor de posición de la válvula, actuación electro neumático,

Envía su señal al control Mark V.

Salida del gas natural al venteo, alarma y apagado.

EEx d IIC T5. Ref: ATEX 95.

### **3.2.9 Módulo de válvulas de regulación de gas,**

Identificación de la fuente de escape: posibles puntos de escape de los empaques, instrumentos de control.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de la sustancia inflamable: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

- Tipo: Asistida.
- Grado: Forzada, ventoleras electro neumáticas.
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista es mediante ventoleras electro neumáticas; en operación normal con motores eléctricos y en emergencia mediante presión del sistema contraincendios a base de CO2. Designación de la zona, Zona 2. Ref. API 505.

CONTROL:

Válvulas de regulación de consumo de gas natural, con cabezal de distribución y actuadas por presión hidráulica de aceite, gobernando la alimentación de gas a la turbina con tres

tipos de modo de alimentación, primario, secundario y terciario, para enviar el combustible al sistema de combustión de multi-inyectores de la turbina que es gobernado por el sistema de control Mark V, donde se reciben todas las señales de la turbina y el proceso de entrada de gas siendo este un sistema de seguridad de operación redundante.

Los actuadores de válvulas tienen la indicación de:

EEx d IIC T6; Ref: ATEX 95.

EEx s IIC T3; Ref: ATEX 95.

Swiches de presión

Clase I división 1 & 2, grupo A, B, C, D. Ref: CPE INEN 19:2001

Clase I grupo D y Clase II grupo E, F, & G. Ref: CPE INEN 19:2001

Microswiches

Clase I grupos B, C, & D y Clase I grupos E, F, & G, Clase I Grupo C& D. Ref: CPE INEN 19:2001

El cuarto de válvulas tiene su control de incendio a base de botellas de CO<sub>2</sub>, cuando recibe la señal se cierran las ventanas del circuito de aire, se cierra la válvula de gas, se activa la alarma, y se envía la señal de apagado automático, siendo este un sistema redundante. Recibiendo las señales en el control de Mark V.

El sistema eléctrico de esta zona está marcado con Clase III.

Las válvulas de este sistema, y venteo del sistema funcionan en posición automática y manual.

### **3.2.10 Cuarto de turbina:**

Identificación de la fuente de escape: posibles puntos de escape de los empaques, instrumentos de control.

Grado de escape: no se prevé en funcionamiento normal.

Presión de la sustancia inflamable: 400 psi.

Temperatura de gas: 40°C

Estado de la sustancia inflamable: gas

Ventilación:

- Tipo: Asistida.
- Grado: Forzada, ventoleras electro neumáticas.
- Disponibilidad: Buena
- Tipo de zona: grado de escape secundario y se desconoce la tasa de escape, la ventilación prevista es mediante ventoleras electro neumáticas; en operación

normal con motores eléctricos y en emergencia mediante presión del sistema contraincendios a base de CO<sub>2</sub>. Designación de la zona, Zona 2. Ref. API 505.

#### CONTROL:

Se tiene 3 sensores de gas, son de sistema redundante al enviar la señal al sistema de control Mark V; dando una orden de cierre de la válvula de entrada de gas natural; apagado automático de la turbina

El sistema contra incendio trabaja con 2 lazos de sensores; lazo 1 solamente da alarma y está incluido en la caja de engranaje; (alta temperatura en el cuarto); se activan los 2 lazos y se produce apagado automático de la turbina (trip), con alarma en aproximadamente 350°C y automáticamente se disparan las botellas de CO<sub>2</sub>; cerrando las ventanillas de enfriamiento de aire externo del cuarto de la turbina.

El sistema eléctrico está marcado con Clase III. El sistema de control de la turbina Mark V<sup>115</sup>, es un sistema en base de un microprocesador que está diseñado para controlar la turbina que se usa en turbinas de vapor, de turbinas de gas y turbinas aeroderivativas.

El control y protección en combinación de sensores y señales; usando señales de sensores redundantes y recibiendo retroalimentación, control y protección de funciones críticas.

### 3.3 CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PARA ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.

#### Observación preliminar

En un primer análisis, es suficiente determinar en qué áreas se utilizan sustancias inflamables o combustibles en procesos u operaciones, que hagan posible que pasen al ambiente en una cantidad tal que permita la formación de una atmósfera explosiva. Si se conoce además la frecuencia con la que se produce, se habrá realizado de forma intuitiva una clasificación de áreas (sin delimitación de su extensión).

La clasificación final de aéreas será consecuencia de los resultados de la evaluación de riesgos, porque antes de proceder a clasificar un área o puesto de trabajo se habrán considerado todas las posibilidades de eliminación del riesgo y en su defecto la disminución de la probabilidad y frecuencia de la posible existencia de una atmósfera explosiva.

Las aéreas que, por la naturaleza y características de explosividad de los productos empleados y por los condicionantes del proceso, no se pueden eliminar completamente son las que se deben clasificar.

---

<sup>115</sup>. - General Electric Company, 1998, Speedtronic **Mark V, Turbine Control Maintenance Manual**, GE, USA, pág. 1-2.

Las aéreas en las que se pueden formar atmósferas explosivas, se consideran áreas de riesgo, y son aquéllas en las que se forman atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados.

No se puede indicar la cantidad máxima de cada sustancia a partir de la cual puede formarse una atmósfera explosiva peligrosa, pues depende de las propiedades de cada sustancia pero, además, para poder determinar esta situación se debe relacionar todos los factores implicados como son:<sup>116</sup>

Propiedades fisicoquímicas de las sustancias. (LIE: Límite inferior de explosividad).

Cantidad utilizada por realización del trabajo.

Material de reserva.

Cantidades utilizadas en otras condiciones, mantenimiento, transvases...

Condiciones de propagación:

Puede ocurrir que la explosión sea insignificante en cuanto a los daños que puede causar, pero pueda iniciar explosiones mayores.

Las sustancias inflamables con capacidad para formar atmósferas explosivas serán gases, líquidos inflamables y polvos combustibles.

En el caso de líquidos combustibles, éstos adquieren la característica de inflamables y por lo tanto de mayor peligrosidad cuando se calientan a una temperatura igual o superior al punto de inflamación.

Tenemos los conceptos referentes a la inflamación:

**Punto (temperatura) de inflamación,<sup>117</sup>** es la temperatura (mínima) a la que un líquido emite vapores suficientes para que, iniciada mediante una fuente de ignición ajena al mismo (chispa, llama etc.) en una aplicación instantánea, se origine la combustión sostenida de dichos valores.

Llamada también de ignición, destello o “flash point”.

La temperatura de inflamación constituye la característica más importante y, para las condiciones de ensayo de un líquido, es la que define si es inflamable o combustible (por debajo o por encima de 38°C).

---

<sup>116</sup>.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, **Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo**, INSHT, España, pág. 28.

<sup>117</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.36.

**Punto (temperatura) de auto ignición,<sup>118</sup>** (ignición espontánea) es la temperatura (mínima) en que una sustancia (sólida, líquida o gaseosa) tiene energía suficiente para iniciar y mantener la combustión sin necesidad de una fuente de ignición ajena.

La temperatura de auto ignición debe observarse que es aquella en que se produce la ignición sin necesidad de que haya habido, o haya, una fuente de ignición.

**Punto de incendio,<sup>119</sup>** es, siempre, superior a la temperatura de inflamación. Debe observarse que la diferencia con esta reside en que la combustión continua (es mantenida) aun cuando se retire la fuente de ignición (cosa que no ocurre con la temperatura de inflamación).

**Mezclas inflamables,<sup>120</sup>** la combustión de gas y vapores tiene lugar en fase gaseosa, supone unas proporciones estequiométricas (2 moles de oxígeno comburente por uno de metano combustible) ajustadas que podemos suponer como de combustión químicamente perfecta. Lo más frecuente en los incendios y explosiones es que no se den tales proporciones, sino otras situadas en un entorno de concentraciones alrededor (por exceso o por defecto de uno de los reactantes) de la estequiométrica.

**Límites de inflamabilidad.<sup>121</sup>** Son las proporciones de combustible y comburente que definen los extremos del entorno, alrededor de la estequiométrica, dentro del que se inicia y propaga la combustión en fase gaseosa.

**Límite inferior de inflamabilidad.<sup>122</sup>** Concentración de combustible por debajo de la cual no se inicia ni se mantiene la combustión. Esto se debe al efecto inertizante (químico y térmico) del exceso de comburente. Suele estar situado en la zona de unidades de porcentaje (1-15 por 100). La llama en las cercanías del límite inferior suelen ser azuladas o incluso incoloras.

**Límite superior de inflamabilidad.<sup>123</sup>** Concentración de combustible por encima de la cual no se inicia ni se mantiene la combustión. Suele estar situado en márgenes más amplios de concentración. Cuando la concentración de combustible esta en las cercanías del límite superior de inflamabilidad se produce humo, que es la suspensión de partículas

---

<sup>118</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.36.

<sup>119</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.36.

<sup>120</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.36.

<sup>121</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.36.

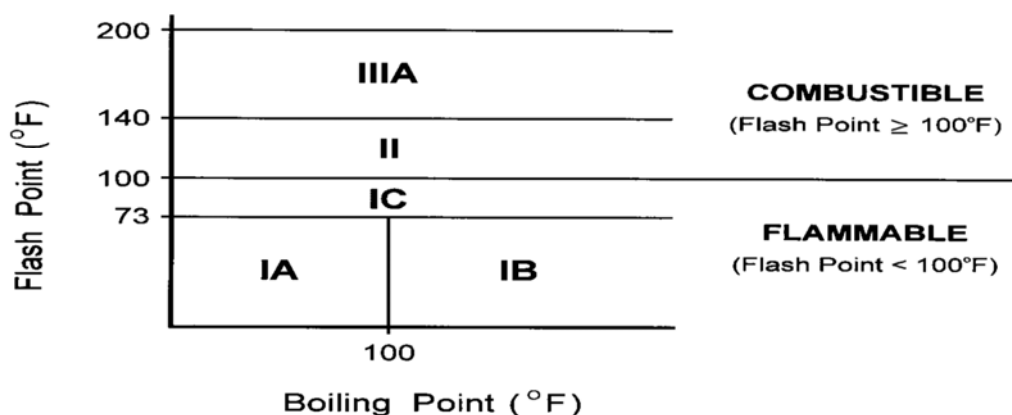
<sup>122</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.36.

<sup>123</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.36.

sólidas en los gases de combustión. Si parte de estas partículas alcanzan la incandescencia la llama tomara una tonalidad amarillenta o rojiza (llama reductora).

**GRÁFICO 3.- CLASES DE LÍQUIDOS FLAMABLES Y COMBUSTIBLES DE ACUERDO A DEFINICIÓN DE 29 CFR 1910. 106.** <sup>124</sup>

### **Classes of Flammable and Combustible Liquids as Defined in 29 CFR 1910.106**



#### **Iniciación y evolución de la combustión en fase gaseosa.** <sup>125</sup>

Las reacciones de combustión se inician en las mezclas inflamables mediante la aportación de la energía de activación necesaria. Ello puede hacerse de varias formas: calentamiento, llama, chispa, etc. Si se dan condiciones favorables (de masas, de alimentación de reactantes, térmicas, de entorno), la reacción se acelera (en su velocidad de reacción y en su velocidad de avance espacial), produciendo una explosión deflagrante

<sup>124</sup> .- U.S. Department of Labor, 2008, **OSHA Standards for General Industry**, Editorial Mancomm, USA, CFR 1910.106.

<sup>125</sup> .- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.37.

que (si siguen dándose condiciones favorables) evoluciona hacia la explosión detonante. Esta última evolución se denomina ignición.

### **Meteorología.**

Las condiciones de la atmósfera en una localidad industrial y en su entorno tienen importancia a la hora de estudiar el desplazamiento en el espacio, por difusión y por dispersión, de emisiones habituales o accidentales.

#### **3.3.1 Clasificación de áreas de atmósferas explosivas.**

Las áreas de riesgo se clasificarán teniendo en cuenta la frecuencia con que se produzcan atmósferas explosivas y su duración. De esta clasificación dependerá el alcance de las medidas que deban adoptarse.

La clasificación tiene como objetivo principal determinar y delimitar las áreas en que se pueden formar atmósferas explosivas, con el fin de adoptar las medidas necesarias para evitar cualquier foco de ignición que pudiera dar lugar a la explosión.

Esta clasificación es una forma de categorizar la peligrosidad del área, debida a la presencia de una atmósfera explosiva, en función de la mayor o menor frecuencia con que se produce y su permanencia.

Esta contingencia vendrá dada por la naturaleza y comportamiento de las fuentes de escape y por condicionantes del proceso o trabajo analizado.

Una emisión continua de sustancia inflamable al ambiente dará lugar a una atmósfera explosiva de forma permanente.

Cuando la emisión no se produce de forma permanente se deberá analizar el intervalo y las circunstancias en la formación de atmósfera explosiva.

Dentro de las clasificaciones que se usa todas coinciden con el principio básico de prevenir que las atmósferas explosivas se inflamen con una fuente de ignición.

Para la clasificación de áreas, la normalización de equipos, y los códigos de instalación hemos tomado como referencia la comparación o el uso de dos corrientes que están inmersas en el mundo de la industria y que por una u otra razón las utilizamos en nuestro país, esto nos dice que se instalan industrias de procedencia americana o europea, teniendo en cuenta que dentro del país además de las leyes y reglamentos que tenemos debemos referirnos a la normativa nacional que proviene del INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) y desde luego en esta misma normativa como veremos más adelante están armonizadas con las corrientes que estamos tomando como referencia.



En algunos países existen paralelamente los dos sistemas, que van a permitir la construcción de fábricas por parte de las empresas multinacionales utilizando el sistema que se acomode a las diferentes necesidades.

Tenemos que incluir el deseo de libre comercio entre naciones, que normalmente será el estímulo que lleve a la consecución de armonizar las normas para que se facilite el crecimiento del comercio global, y este es un punto importante para la seguridad industrial en los diferentes emplazamientos que se construyan o su reformación a los que están en funcionamiento.

La corriente europea utiliza el sistema de Zonas de la International Electrotechnical Commission (IEC). El estándar IEC separa la atmósfera potencialmente explosiva en Zonas 0, 1, y 2 basado en probabilidades de ocurrencia y longitud de tiempo en que la mezcla potencialmente explosiva se presente; y los aparatos diseñados para ser utilizados en estas áreas usualmente se examinan y se aprueban por la CENELEC, (Comité Europeo para normas electrotécnicas) usando estándares de las Normas Europeas (EN).

Las prácticas americanas han utilizado el sistema de Clase y División. Las Clases identifican el riesgo presente como: Gases o vapores, polvo combustible y fibras inflamables. Divisiones definen la condición normal o anormal en la cual el material de riesgo puede estar presente. Los equipos diseñados y contruidos para estas áreas son examinados y aprobados para ser usados por la Nationally Recognized Test Laboratories (NRTL) utilizando productos normalizados nacionalmente aceptados.

En la normativa nacional ecuatoriana tenemos la del Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE INEN 19:2001.-Codigo de Práctica Nacional, Primera Edición.<sup>126</sup>

En el que clasifica a los lugares dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables; y para determinar su clasificación, cada recinto, sección o área se debe considerar individualmente. Toma como referencia las normas establecidas por la National Fire Protection Association (NFPA), del American Petroleum Institute (API) y de la Instrument Society of America (ISA). y que puedan aplicarse a la clasificación de los distintos lugares.

Y de igual en el 505-1 de la normativa nacional nos da un alcance que cubre los requisitos de alternativa para la clasificación por medio de zonas que cubre la normativa europea.

---

<sup>126</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE.- INEN 19:2001.- **CODIGO DE PRÁCTICA NACIONAL.-CODIGO ELECTRICO NACIONAL**.-Primera Edición. Capítulo 5. pág.426.

Con las notas de referencia y el alcance que nos da la norma ecuatoriana revisamos la norma que nos da American Petroleum Institute (API 505) de la práctica recomendada para la clasificación de aéreas de las instalaciones eléctricas en locaciones petroleras clasificadas en Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2.

La práctica recomendada API 505 está preparada en base de las definiciones que da la edición de 1996 de la NFPA, el National Electrical Code (NEC) Artículo 505. Y coordinada con la norma estandarizada del International Electrotechnical Commission (IEC) Standard 79-10.<sup>127</sup>

Por los antecedentes anteriormente expuestos, usaremos la norma nacional ecuatoriana para realizar la clasificación de aéreas peligrosas por medio de zonas:

Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE INEN 19:2001.-Codigo de Práctica Nacional, Primera Edición.

## **CAPITULO 5. AMBIENTES ESPECIALES<sup>128</sup>**

### **SECCION 500. LUGARES PELIGROSOS (CLASIFICADOS)**

#### **500-3 Generalidades**

Clasificación de los lugares

Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables. Para determinar su clasificación, cada recinto, sección o área se debe considerar individualmente.

#### **Documentación**

Todas las aéreas designadas como lugares clasificados como peligrosos (clasificados) deben estar adecuadamente documentadas apropiadamente para la instalación, su inspección, mantenimiento u operar el equipo eléctrico en el lugar.

#### **a) Normas de Referencia.**

NOTAS.

Es importante que la autoridad con jurisdicción este familiarizada con la experiencia de la industria y con las normas de la National Fire Protection Association (NFPA), del American Petroleum Institute (API) y de la Instrument Society of America (ISA), que puedan aplicarse a la clasificación de los distintos lugares, al establecimiento de la

---

<sup>127</sup>.- API American Petroleum Institute, 1997, **Recommended Practice for Classification of Locations For Electrical Installations at Petroleum Facilities classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2**, Washington, D.C. pág. - IV.

<sup>128</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño**, Volumen I, Editorial McGraw-Hill, Madrid. pág.36.

ventilación adecuada y a la protección contra riesgos producidos por la electricidad estática y los rayos.

## **SECCION 505. LUGARES CLASE I, ZONAS 0, 1, Y 2.**<sup>129</sup>

**505-1. Alcance.** Esta sección cubre los requisitos para el sistema de clasificación por zona como una alternativa al sistema de clasificación por división cubierto en la Sección 500 para equipo eléctrico y electrónico y alambrado a todas las tensiones en lugares peligrosos (clasificados) de Clase I, Zonas 0, 1, y 2, en donde puede haber riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables.

### **505-9. Clasificación por zonas.**

La clasificación por zonas debe cumplir lo siguiente:

#### **3.3.1.1 CLASE I, ZONA 0 es un lugar:**

- 1) en el que continuamente están presentes concentraciones inflamables de gases o vapores,
- 2) en el que estén presentes durante mucho tiempo concentraciones inflamables de gases o vapores.

#### **3.3.1.2 CLASE I, ZONA 1 es un lugar:**

- 1) en el que es probable que haya concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables en condiciones normales de funcionamiento o,
- 2) en el que frecuentemente puede haber concentraciones inflamables de gases o vapores debido a operaciones de reparación o mantenimiento o por fugas o
- 3) en el que se opera equipo o se llevan a cabo procesos de tal naturaleza que la avería o funcionamiento defectuoso de ellos podría producir la fuga de concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables y causar además la falla simultanea de los equipos eléctricos de modo que estos pudieran convertirse en fuente de ignición, o
- 4) que están al lado de un lugar de Clase I, Zona 0, desde el que podrían trasladarse concentraciones de combustibles de vapores, excepto si, ese traslado se evitaría mediante una ventilación forzada adecuada desde una fuente de aire limpio y se provean de medios eficaces de salvaguarda contra fallas de ventilación.

---

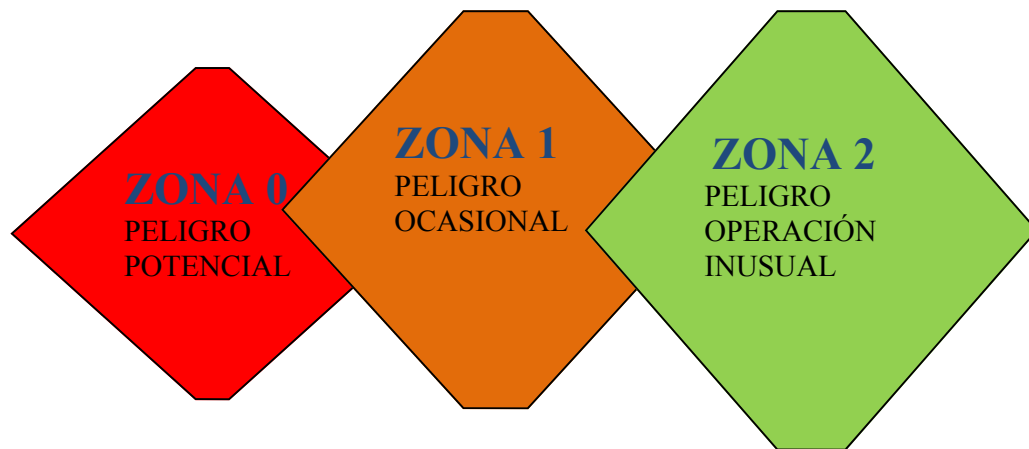
<sup>129</sup>.- Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE.- INEN 19:2001.- **CÓDIGO DE PRÁCTICA NACIONAL.-CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL.**-Primera edición. Capítulo 5. pág. 465.

### 3.3.1.3 CLASE I ZONA 2.

La clasificación Zona 2 incluye normalmente los lugares donde se utilizan líquidos volátiles inflamables de gases o vapores inflamables pero que podrían resultar peligrosos solo en caso de accidente o en alguna condición de operación inusual.

Una visualización de zonas, para su fácil comprensión.

**GRÁFICO 4. VISUALIZACIÓN DE ZONAS EN CLASE I.<sup>130</sup>**



En las memorias técnicas o planos de proyectos y construcción la norma estandarizada del International Electrotechnical Commission, Standard IEC 79-10; nos indica cómo debe ir la simbología de la clasificación de zonas.

<sup>130</sup>.- Investigador Tulio Navarrete N.

**GRÁFICO 5. SIMBOLOGÍA ESTANDARIZADA PARA LA NOTACIÓN DE CLASE I, ZONA 0, ZONA 1, Y ZONA 2 DE ÁREAS CLASIFICADAS (IEC 79-10).<sup>131</sup>**

**APPENDIX C—PREFERRED SYMBOLS FOR DENOTING CLASS I, ZONE 0, ZONE 1, AND ZONE 2 HAZARDOUS (CLASSIFIED) AREAS (IEC 79-10, MOD)**

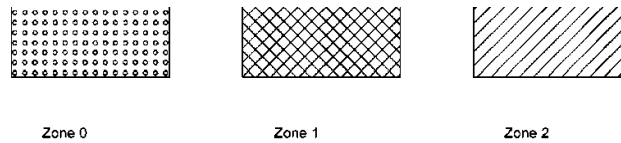


Figure C-1—Preferred Symbols for Denoting Class I, Hazardous (Classified) Zones

**3.3.2 Lugares de trabajo con atmósferas explosivas.**

**Clasificación de zonas.**

Las áreas con riesgo de formación de atmósferas explosivas se clasificarán en zonas de acuerdo con las definiciones indicadas, en el Código de Práctica Nacional, Código Eléctrico Nacional, y que para realizar esta clasificación se deberá conocer:

El tipo de sustancia que origina la atmósfera explosiva: si es un gas, vapor o niebla o si se forma por materia pulverulenta.

Si está presente de forma permanente o si la ocurrencia de la atmósfera explosiva será ocasional, debido a circunstancias o actuaciones concretas, y finalmente si sólo se da esporádicamente de forma no previsible.

Se clasificará según la duración de dicha atmósfera.

En estos casos, siempre se debe partir de la premisa de que cualquier atmósfera explosiva que se produzca va a ser detectada y evitada en el menor tiempo posible, por tanto se tratará de minimizar al máximo su permanencia.

**3.3.2.1 Zona 0**

Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.

<sup>131</sup>.- International Electrotechnical Commission, 1979, **Appendix C-preferred symbols for denoting Class I, Zone 0, Zone 1, Zone 2, hazardous (classified) areas.** IEC 79-10, Comunidad Europea.

Por regla general, no es aceptable la presencia permanente de atmósfera explosiva, por tanto, las condiciones de la zona 0 sólo se darán en el interior de recipientes o instalaciones que pueden entrar en contacto con el aire exterior (evaporadores, recipientes de reacción). También se puede presentar en el exterior alrededor de respiraderos y otras aberturas a las que se pueda aplicar la definición anterior.

### **3.3.2.2 Zona 1**

Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de operación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.

La definición de zona 1 se asocia a formación de atmósfera inflamable debido a condiciones particulares del proceso o instalación y a actividades que no se realizan de forma continuada. Por ejemplo: en determinadas fases del proceso o puntos de la instalación se emitirá de forma prevista un gas o vapor a la atmósfera que se produce a intervalos definidos. Del mismo modo, la realización de determinada actividad puede originar la formación de una atmósfera explosiva en el momento en que se realice la actividad. Si ésta se realiza a intervalos definidos, dará lugar a una zona 1.

Se pueden incluir, entre otras:

La proximidad inmediata de aberturas de llenado y vaciado ocasionales de líquidos inflamables.

La proximidad inmediata de prensaestopas sin garantías plenas de hermeticidad, por ejemplo: bombas y válvulas con prensaestopas

El exterior de recipientes que pueden abrirse ocasionalmente o la proximidad inmediata de aberturas de alimentación, bocas de carga y tomas de muestras

Los orificios de salida al aire libre de guardas apaga-llamas hidráulicas (dispositivos con columna de agua que hace la función de una válvula anti retroceso de llama en aparatos con gases inflamables).

Extremos de los brazos articulados y de las mangas flexibles de carga de vehículos-cisterna y otros recipientes.

Tapas y registros de carga y válvulas de vaciado de equipos.

Válvulas de tomas de muestras y de purgado libre al ambiente.

Fosos y canalizaciones cerrados sin estanqueidad asegurada.

Puntos de drenaje de agua de recipientes que contengan líquidos inflamables, que puedan llegar a desprender sustancias inflamables a la atmósfera al sobrepasarse el purgado.

### **3.3.2.3 Zona 2**

Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.

La formación de este tipo de zonas se asocia a posibles escapes y fugas no previstos. Debe reservarse a casos donde por las características del proceso o de la instalación se podría producir una emisión de sustancia inflamable a la atmósfera aun en condiciones normales de funcionamiento, pero no es previsible.

La clasificación de un área como zona 2 implica en la mayoría de los casos una evaluación de escenarios de riesgo previstos donde se analicen los posibles disfuncionamientos o accidentes esperables.

Según la evaluación y escenarios de riesgo previstos, podrían considerarse zona 2:

Las áreas en que el escape puede proceder de una avería o situación anormal o accidental: bridas, conexiones, válvulas y uniones de tuberías en las que no es esperable que se produzcan fugas en funcionamiento normal. No constituyen áreas de riesgo las canalizaciones en tuberías que se mantienen técnicamente estancas, por ejemplo, alrededor de conducciones soldadas. La zona en que hubiera bridas con juntas, en que una fuga se pueda considerar una situación anormal de avería, sería zona 2.

Mirillas o tubos de nivel de vidrio en condiciones estancas.

Cierres o sellados de bombas, de compresores, válvulas, etc.

Aparatos de materiales frágiles (vidrio, cerámica, grafito, etc.), protegidos, en los que accidentalmente podría producirse su rotura.

Orificios de respiración de membranas de manorreductores (reductores de presión).

Cubetos de retención en condiciones de seguridad.

Almacenamientos de productos inflamables de acuerdo con la legislación vigente.

## CAPÍTULO 4

### PREVENCIÓN, PROTECCIÓN, Y CONTROL.

#### 4.1 PREVENCIÓN DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS. (MEDIDAS TÉCNICAS).

En los procesos industriales, durante la fabricación, tratamiento, transporte y almacenamiento de sustancias inflamables aparecen o se fugan gases, vapores o nieblas que pasan al medio ambiente y estos al combinarse con el oxígeno del aire crean una atmósfera potencialmente explosiva que puede conducir a una explosión en caso de ignición.

Para evitar los peligros de atmósferas explosivas, en la mayor parte de los países se han elaborado leyes, normas y reglamentos. Mediante estas reglas con sus respectivos procedimientos se intenta garantizar un alto nivel de seguridad.

A medida que aumenta la globalización de los mercados y se refuerza la colaboración entre los diferentes países, en el campo de la seguridad industrial sus leyes y normas se han unificado en gran medida, tanto en Europa como en América.

Por ejemplo en la Unión Europea las protecciones contra explosiones o accidentes mayores debido a atmósferas explosivas se han agrupado en la Directiva 9/94/CE. Esta directiva entró en vigor el año 2003. A nivel mundial la unificación de las normativas tienen el mismo concepto evitar la ignición de atmósferas explosivas; por eso para Norte América tenemos la NFPA ( National Fire Protection Association), API RP 500, (American Petróleo Instituto ), NEC (National Electrical Code) y la OSHA (Occupational Safety and Health Administration, US Department of Labor), y en nuestro país con la Norma INEN 19:2001 del Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE.- CODIGO DE PRACTICA NACIONAL.-CODIGO ELECTRICO NACIONAL.

Pero sin embargo, para la ingeniería e instalación es necesario estudiar intensamente los fundamentos y directivas respectivas.

La elaboración de reglamentos y normas, inició en Inglaterra, con los mineros que estaban amenazados desde tiempo inmemorial por el gas de las minas o grisú. Desde entonces se ha alcanzado ya un muy alto nivel de seguridad en los países industrializados.

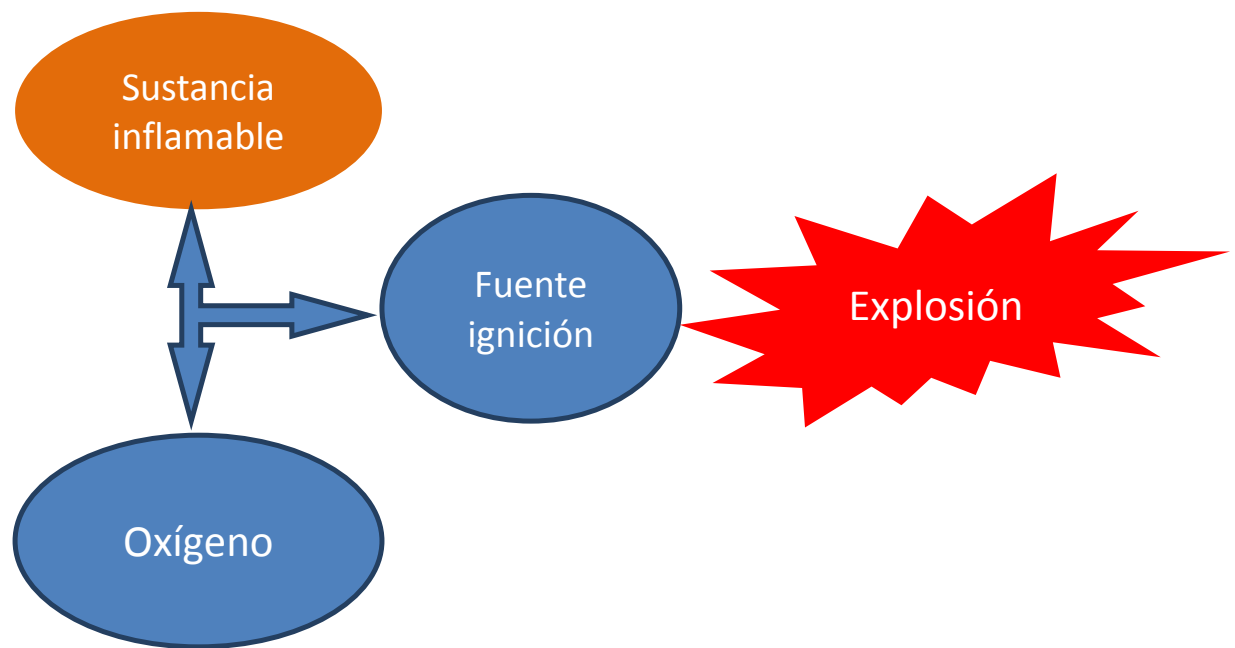
Una explosión es una reacción química espontánea entre una sustancia inflamable y el oxígeno en presencia de una fuente de ignición que provoca una explosión con gran liberación de energía. Las sustancias inflamables pueden estar presentes en forma de gas, niebla, vapor o polvo.



Entonces una explosión sólo ocurre cuando están presentes tres factores primordiales:

1. Sustancia inflamable, (con la distribución y concentración adecuadas)
2. Oxígeno (en el aire)
3. Fuente de ignición (p. ej. chispas eléctricas).

**GRÁFICO 6. VISUALIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE UNA EXPLOSIÓN.<sup>132</sup>**



Y la Prevención es de impedir la formación de atmósferas explosivas, y evitar la ignición de atmósferas explosivas.

Y la Protección es la de atenuar los efectos perjudiciales de una explosión a niveles aceptables.

Cuando existe el riesgo que posibilite la formación de una atmósfera explosiva es necesario adoptar medidas de carácter técnico y organizativo contra explosiones.

---

<sup>132</sup>.- Investigador. Tulio Navarrete N.

El riesgo de explosión se puede suprimir o reducir aplicando los principios de prevención y de protección, o mediante una combinación de dichos principios.

La premisa debe ser, en prevenir la formación de una atmósfera explosiva, y cuando no sea posible se deberán adoptar medidas para que se eviten las fuentes de ignición de estas atmósferas; y cuando la aparición simultánea de estas dos variables no estén presentes, se requerirán medidas de protección en la instalación, unidas a medidas de procedimientos, que se revisaran periódicamente y cuando se produzcan cambios significativos en la instalación.

## 4.2 PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA <sup>133</sup>

El principio de la protección integrada contra explosiones exige prever todas las medidas de protección contra explosiones siguiendo un orden predeterminado.

Para ello hay que distinguir entre medidas de protección primaria y secundaria.

### 4.2.1 La protección primaria <sup>134</sup>

Se entiende por protección primaria a todas las medidas que evitan la aparición de una atmósfera explosiva peligrosa.

Estas medidas de protección son las de:

- Evitar sustancias inflamables
- Inertizar (adición de nitrógeno, dióxido de carbono, etc.)
- Limitar concentraciones
- Mejorar la ventilación.

#### 4.2.1.1 La sustitución de las sustancias inflamables.<sup>135</sup>

La formación de atmósferas explosivas peligrosas puede prevenirse evitando o reduciendo el uso de sustancias inflamables; pero en nuestro caso esta medida no se adopta por ser el gas natural el elemento base para la generación de energía eléctrica; no se lo almacena y es de consumo continuo.

---

<sup>133</sup>.- Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, **Protección contra explosiones, Fundamentos.- SIMATIC.- ET 200**, NÜRNBERG ALEMANIA. pág. 3.

<sup>134</sup>.- Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, **Protección contra explosiones, Fundamentos.- SIMATIC.- ET 200**, NÜRNBERG ALEMANIA. pág. 3.

<sup>135</sup>.- Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas.- CEPYME**, Aragón España. pág. 56.

#### **4.2.1.2 Limitación de la concentración.<sup>136</sup>**

Los gases y polvos sólo tienen capacidad de explosión dentro de ciertos límites de concentración en mezcla con aire.

En las condiciones operativas y ambientales de nuestro caso, se mantiene fuera de los límites de explosividad por ser consumido el gas continuamente y para su operación se mantiene dentro de condiciones seguras con el cumplimiento de los procedimientos.

#### **4.2.1.3 Inertización.<sup>137</sup>**

La formación de atmósferas explosivas peligrosas puede evitarse diluyendo el oxígeno del aire en el interior de instalaciones o el combustible con sustancias que no sean químicamente reactivas (sustancias inertes), lo que se denomina inertización.

#### **4.2.2 La protección secundaria.<sup>138</sup>**

Se requiere cuando las medidas de protección primarias no excluyan el peligro o, de hacerlo, lo hagan sólo de forma incompleta.

Para consideraciones de seguridad deberán conocerse determinadas características de las sustancias inflamables; entre las cuales podemos mencionar o anotar:

##### **4.2.2.1 La temperatura de inflamación.<sup>139</sup>**

La temperatura de inflamación de líquidos inflamables define la temperatura más baja a partir de la cual se forma sobre la superficie del líquido una mezcla vapor-aire inflamable por ignición externa.

Los líquidos inflamables se dividen en los reglamentos técnicos en cuatro clases de peligro:

---

<sup>136</sup>.- Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas.**- CEPYME, Aragón España. pág. 56.

<sup>137</sup>.- Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas.**- CEPYME, Aragón España. pág. 57.

<sup>138</sup>.- Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, **Protección contra explosiones, Fundamentos.- SIMATIC.- ET 200,** NÜRNBERG ALEMANIA. Pág. 3.

<sup>139</sup>.- Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, **Protección contra explosiones, Fundamentos.- SIMATIC.- ET 200,** NÜRNBERG ALEMANIA. pág.3.

**TABLA 3.- CLASES DE TEMPERATURA DE INFLAMACION DE LÍQUIDOS<sup>140</sup>**

Clase de peligro	Temperatura de inflamación
A I	<21 °C
A II	21 ... 55 °C
A III	> 55 ... 100 °C
B	< 21°C, a 15°C soluble en agua

#### **4.2.2.2 Límite de explosividad.<sup>141</sup>**

En caso de sustancias inflamables una atmósfera explosiva se forma cuando aquéllas tienen una concentración dentro de un rango determinado.

En caso de concentraciones demasiado reducidas (mezcla pobre) o altas (mezcla grasa) no tiene lugar ninguna explosión sino una acción de combustión lenta o incluso ninguna.

En caso de ignición la mezcla sólo explota dentro del rango comprendido entre los límites de explosividad superior e inferior.

Los límites de explosividad dependen de la presión ambiental y de la concentración de oxígeno en el aire.

Dependiendo de la velocidad con que evoluciona la combustión se habla de deflagración, explosión o detonación. Una atmósfera explosiva es la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla quemada.

<sup>140</sup>.- Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, **Protección contra explosiones, Fundamentos.- SIMATIC.- ET 200**, NÜRNBERG ALEMANIA. pág.3.

<sup>141</sup>.- Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, **Protección contra explosiones, Fundamentos.- SIMATIC.- ET 200**, NÜRNBERG ALEMANIA. pág.4.

**TABLA 4. LÍMITES DE EXPLOSIVIDAD <sup>142</sup>**

SUSTANCIA	LÍMITE INFERIOR DE EXPLOSIVIDAD (VOL. %)	LÍMITE SUPERIOR DE EXPLOSIVIDAD (VOL. %)
Gas natural	4,0 (7,0)	13,0 (17,0)
Metano	4,4	16,5

#### **4.2.2.3 Energía mínima de ignición.<sup>143</sup>**

Para la ignición de una atmósfera explosiva se requiere aportar una determinada energía. Bajo energía mínima de ignición se entiende la mínima energía aplicada posible, p. ej. descarga de un condensador, necesaria para iniciar la ignición de una sustancia inflamable.

La energía mínima de ignición se encuentra en un rango de aprox. 10-5 J para hidrógeno hasta algunos julios para determinados polvos.

¿Cómo puede producirse una ignición?

En este sistema se deberá conocer las concentraciones máximas permitidas, incluso se debe calcular un margen de seguridad cuando la concentración de oxígeno tenga la posibilidad de variar muy rápidamente en sus volúmenes, posible fallo de equipos, y calcular el tiempo necesario para que esta medida se aplique. Normalmente este sistema se puede utilizar en instalaciones adecuadas para este método, e incluso prevenir la fuga de sustancias inflamables. Para completar el método se debe utilizar monitoreo de gases, con el empleo de detectores.

#### **4.2.2.3.1 Prevención de las fuentes de ignición.<sup>144</sup>**

En la Guía técnica para la seguridad menciona la norma europea EN 1127-1 donde hace referencia a las diferentes fuentes de ignición, y que distingue trece fuentes:

1. Superficies calientes.
2. Llamas y gases calientes.
3. Chispas de origen mecánico.
4. Material eléctrico (chispas y arcos eléctricos).

<sup>142</sup>.- Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, **Protección contra explosiones, Fundamentos.- SIMATIC.- ET 200**, NÜRNBERG ALEMANIA. pág.4.

<sup>143</sup>.- Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, **Protección contra explosiones, Fundamentos.- SIMATIC.- ET 200**, NÜRNBERG ALEMANIA. pág.5.

<sup>144</sup>.- Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas.- CEPYME**, Aragón España. pág. 71.

5. Corrientes eléctricas parásitas, protección catódica contra la corrosión.
6. Electricidad estática.
7. Rayo.
8. Campos electromagnéticos comprendidos en una gama de 9 kHz a 300 GHz.
9. Radiación electromagnética comprendida en una gama de 300GHz a  $3 \times 10^{16}$  Hz o longitudes de onda de 1000  $\mu\text{m}$  a 0,1  $\mu\text{m}$  (rango del espectro óptico).
10. Radiación ionizante.
11. Ultrasonidos
12. Compresión adiabática, ondas de choque, gases circulantes
13. Reacciones químicas

#### Superficies calientes:

Las atmósferas explosivas pueden encenderse por contacto con superficies calientes cuando alcance la temperatura de ignición de la atmósfera explosiva.

#### Llamas y gases calientes:

Las llamas, incluso las muy pequeñas, figuran entre las fuentes de ignición más efectivas, como las partículas sólidas incandescentes pueden producir la ignición de una atmósfera explosiva.

Las llamas desnudas ocasionadas por trabajos de soldadura o fumar deben impedirse con medidas organizativas.

#### Chispas de origen mecánico:

En operaciones que implican fricción, choque y abrasión, pueden desprenderse chispas que, a su vez, pueden provocar la ignición de gases y vapores inflamables y de algunas mezclas de niebla o polvo con aire (especialmente mezclas de polvo metálico con aire).

En el polvo depositado las chispas pueden iniciar un fuego latente y éste puede convertirse en la fuente de ignición de una atmósfera explosiva.

También puede producir chispas la penetración de materiales extraños (p. ej. piedras o trozos de metal) en equipos o partes de instalaciones.

#### Reacción química:

En el caso de las reacciones químicas con generación de calor (reacciones exotérmicas), las sustancias pueden calentarse y convertirse en fuentes de ignición.

Este auto calentamiento es posible cuando la velocidad de producción de calor es superior a la velocidad de disipación del calor hacia el entorno.

Entre otros parámetros, son decisivos la relación volumen/superficie del sistema reactivo, la temperatura ambiente y el tiempo de permanencia.

A su vez, las sustancias inflamables que puedan haberse formado con la reacción química (p. ej. gases o vapores) pueden, en contacto con el aire ambiente, formar una atmósfera explosiva y, de este modo, aumentar considerablemente la peligrosidad de estos sistemas.

#### Material eléctrico:

Las fuentes de ignición posibles en instalaciones eléctricas son las provocadas, incluso con tensiones pequeñas, por chispas eléctricas y por superficies calientes.

En las áreas de riesgo sólo deberá utilizarse material eléctrico que cumpla los requisitos del anexo II de la Directiva 1999/92/CE.

En todas las zonas, el material nuevo deberá seleccionarse con arreglo a las categorías establecidas en la Directiva 94/9/CE.

#### Electricidad estática:

En condiciones operativas habituales pueden producirse descargas en las formas siguientes:

Descargas de chispas: Pueden producirse por la carga de partes conductoras no conectadas a tierra.

Descargas en penacho: Pueden producirse en las partes cargadas de material no conductor, entre las que figuran la mayoría de las materias plásticas.

Todas estas formas de descarga deben considerarse capaces de encender la mayoría de los gases y vapores de disolventes, al igual que las mezclas de nieblas o polvos con aire. Las descargas en penacho, en cambio, sólo deben considerarse como una posible fuente de ignición de polvos altamente inflamables.

#### Descargas eléctricas atmosféricas:

El fenómeno eléctrico más común del mundo inorgánico son las descargas eléctricas atmosféricas denominadas rayos y relámpagos. Debido al rozamiento de las partículas de agua o hielo con el aire, se produce la creciente separación de cargas eléctricas positivas y negativas en las nubes, separación que genera campos eléctricos. Cuando el campo eléctrico resultante excede el de ruptura dieléctrica del medio, se produce una descarga entre dos partes de una nube, entre dos nubes diferentes o entre la parte inferior de una nube y tierra. Esta descarga ioniza el aire por calentamiento y excita transiciones electrónicas moleculares. La brusca dilatación del aire genera el trueno, mientras que el decaimiento de los electrones a sus niveles de equilibrio genera radiación electromagnética, luz.

El daño que producen los rayos a las personas y sus instalaciones pueden prevenirse derivando la descarga a tierra, de modo inocuo, mediante pararrayos.

### 4.3 EQUIPOS PARA USO EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.

#### Aspectos generales

Durante la fabricación, procesamiento, transporte y almacenamiento de materiales inflamables, se pueden producir escapes de gases, vapores o nieblas y formar mezclas explosivas de gas en contacto con el oxígeno de la atmósfera. Por ello existe el riesgo de una ignición accidental y la explosión de estas mezclas de gas. Entre las posibles fuentes de ignición se encuentran: chispas de conmutación eléctrica, llamas abiertas, superficies calientes, cojinetes con sobre temperatura, producción de chispas por fricción y descargas electrostáticas.

En consecuencia, la seguridad de las personas, maquinarias e instalaciones en las áreas de alto riesgo depende en un grado considerable del conocimiento y el estricto cumplimiento de todas las regulaciones de seguridad. El personal encargado del montaje y mantenimiento que labora en dichas áreas tiene una responsabilidad especial y para esto debe seguir estrictamente lo que dicen las normas y regulaciones para el montaje/construcción de las instalaciones eléctricas en áreas de alto riesgo, y se deben observarse las siguientes regulaciones internacionales que incluso están recomendadas en nuestras normas nacionales para tomarlas como referencia.

Se debe tomar en cuenta que en nuestro país la construcción de equipos de protección y control no existe; ya que tanto las maquinarias y los equipos vienen importados desde USA, de Europa, China, Japón, Taiwán, bajo las normas de referencia y de aplicación:

National Electrical Code, NEC art. 500 - 505 & 510 - 516 (Código Eléctrico Nacional, USA).

International Society for Measurement and Control, serie ISA SP12 (Sociedad Internacional para la Medición y Control).

American Petroleum Institute, API RP500 & RP 505 (Instituto Americano de Petróleo, USA).

International Electrotechnical Commission IEC 6000079 (Comisión Electrotécnica Internacional).

Norma INEN 19:2001 del Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE.- CÓDIGO DE PRÁCTICA NACIONAL.-CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL.

Directiva 94/9/CE, "ATEX 95. De la Comunidad Europea.



Los requerimientos están redactados explícitamente para instalaciones de alto riesgo. Además, se deben cumplir igualmente los requerimientos básicos para la construcción y operación de instalaciones eléctricas en general.

Los equipos que se instalará en áreas de alto riesgo deben ser sometidos a pruebas para determinar su idoneidad antes de su construcción. Únicamente los aparatos con protección contra explosiones, que hayan sido certificados de modo apropiado, pueden ser instalados en áreas de alto riesgo.

Para la identificación de equipos y controles para ser utilizadas en atmósferas explosivas seguiremos la Directiva 94/9/CE de la Comunidad Europea sobre los equipos y sistemas de protección y que se relata de la siguiente manera:

#### **4.3.1 Directiva 94/9/CE sobre los equipos y sistemas de protección.**

El 23 de Marzo de 1994 el Consejo Europeo adoptó la Directiva 94/9/CE, conocida como "ATEX 95" que es la abreviatura de atmósfera explosiva; está constituida de acuerdo con el Artículo 95 del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea. Del Artículo 95, que se refiere a la fabricación y circulación de mercancías, se deriva que esta directiva afecte a todos aquellas industrias que manufacturen o comercialicen productos en atmósferas explosivas. También afecta a aquellos que realicen procesos de fabricación mediante el ensamblaje de productos de diferente origen, aun cuando sea para uso particular.

Esta implica que todos los productos que están cubiertos por la Directiva 94/9/CE tendrán que satisfacer los requisitos esenciales, concernientes a la seguridad y la salud, antes de ser puestos en el mercado.

#### **4.3.2 Ámbito de aplicación de la DIRECTIVA 94/9/CE (ATEX 95)<sup>145</sup>**

Aplica a los equipos y sistemas de protección diseñados para ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas en instalaciones de superficie y a equipos y sistemas de protección diseñados para minas y otros lugares con la misma propensión a estar expuestos a atmósferas explosivas.

También se aplica a los dispositivos de control, regulación y a los sistemas de seguridad diseñados para utilizarse fuera de las atmósferas explosivas, pero que son requeridos o contribuyen a la seguridad de las operaciones de los equipos y sistemas de protección, con respecto a los riesgos de explosión.

---

<sup>145</sup>.- Comunidad Europea, 1994, **Directiva 94/9/CE, "ATEX 95"**.España.

Se entiende por equipos, como tal, a las máquinas, aparatos, dispositivos fijos y móviles, componentes de control e instrumentación de los mismos y los sistemas de detección y protección que, de forma separada o conjunta, son diseñados para la generación, transferencia, almacenamiento, medida, control y conversión de energía para el procesamiento de materiales y que sean capaces de causar una explosión a través de sus propias fuentes de ignición.

Se entiende por sistemas de protección aquellos dispositivos cuya función es detener inmediatamente explosiones incipientes y/o limitar las zonas afectadas por una explosión y los que son puestos en el mercado como sistemas con funciones autónomas.

#### 4.3.3 Clasificación de los equipos y sistemas de protección. ATEX 95<sup>146</sup>

Los equipos están clasificados en dos grupos:

El Grupo I incluye los equipos diseñados para trabajos subterráneos en minas y sus correspondientes instalaciones de superficie, con probabilidad de ser afectados por grisú y/o polvos combustibles.

El Grupo II incluye los equipos destinados a ser utilizados en otros emplazamientos con probabilidad de ser afectados por atmósferas explosivas. Dentro de cada grupo están definidas diversas categorías de materiales de acuerdo con su utilización. Esta clasificación viene dada en las siguientes tablas:

**TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS Y CATEGORÍAS<sup>147</sup>**

GRUPO II		
Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
Equipos diseñados para asegurar <b>un nivel de protección muy alto</b> . Los aparatos de esta categoría están previstos para utilizarse en un medio ambiente en el que se produzcan <b>de forma constante, duradera o frecuente</b>	Equipos para asegurar <b>un nivel de protección alto</b> . Los aparatos de esta categoría están destinados a utilizarse en un ambiente en el que <b>sea probable la formación</b> de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo	Equipos diseñados para asegurar <b>un nivel de protección normal</b> . Los aparatos de esta categoría están destinados a utilizarse en un ambiente en el que <b>sea poco probable la formación</b> de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo

<sup>146</sup>.- Comunidad Europea, 1994, **Directiva 94/9/CE, "ATEX 95"**. España

<sup>147</sup>.- Comunidad Europea, 1994, **Directiva 94/9/CE, "ATEX 95"**. España.

atmósferas explosivas debidas a mezclas de aire con gases, vapores, nieblas o mezclas de polvo-aire.	en suspensión.	en suspensión y que, con arreglo a toda probabilidad, <b>su formación sea infrecuente y su presencia sea de corta duración.</b>
Permanecen seguros en caso de averías extraordinarias.	Aseguran el nivel de protección en caso de perturbaciones frecuentes y fallos normales.	Aseguran el nivel de protección durante su funcionamiento normal.

#### 4.3.4 Seguridad y Salud. ANEXO II de la Directiva 94/9/ CE, ATEX 95.<sup>148</sup>

A continuación se enumera los puntos principales y requisitos comunes para los equipos y sistemas de protección que enumera la Directiva ATEX 95.

Los principios de seguridad integrada frente a las explosiones.

Los materiales deben ser diseñados con la perspectiva de su uso seguro en atmósferas potencialmente explosivas. A tales efectos, el fabricante tomará medidas:

Para evitar preferentemente, si es posible, que los equipos y sistemas de protección produzcan o liberen por sí mismos atmósferas explosivas.

Para prevenir la ignición de atmósferas explosivas teniendo en cuenta la naturaleza de cada fuente de ignición, eléctrica o no eléctrica.

En caso de que, a pesar de todo, tuviera lugar una explosión que pusiera en peligro a personas y, en su caso animales domésticos o bienes por efecto directo o indirecto, detenerla inmediatamente o limitarla a una zona afectada por las llamas y la presión resultante de la explosión.

Tener en consideración los posibles fallos en las operaciones normales y el uso incorrecto.

Un marcado que contenga el nombre y la dirección del fabricante, en particular, así como el año de construcción, la letra D (polvos) o la letra G (gases) indicando la clasificación principal del equipo.

Obligación de incluir un manual de instrucciones que facilite la puesta en marcha y el mantenimiento bajo condiciones de seguridad.

Requisitos sobre la selección de materiales.

Elementos para el diseño y la construcción.

<sup>148</sup>.- Comunidad Europea, 1994, **Directiva 94/9/CE, "ATEX 95"**. España.

Una lista de las fuentes potenciales de ignición que hay que evitar, es decir, chispas, arcos eléctricos, temperaturas superficiales altas, electricidad estática, sobrecalentamientos y otros.

Requisitos para riesgos relacionados con programación (software).

Requisitos específicos para atmósferas explosivas formadas por gases y vapores.

Requisitos específicos para atmósferas formadas por polvo.

Con relación a los sistemas de protección, se debe focalizar la atención en:

Requisitos generales (dimensión, posición, etc.).

Planificación y diseño (características de los materiales, conexiones, etc.)

Requisitos de los sistemas relacionados (fatiga, aspectos de integración, etc.)

Cuando se diseña o construye un equipo, el fabricante tiene la obligación de cumplir estos requisitos mientras haya llevado a cabo, como paso previo, un análisis de riesgo. La aplicación de las normativas proporciona la orientación y ayuda sobre cómo proceder y presume que el equipo presenta conformidad con los requisitos esenciales.

En lo que respecta a las condiciones de ensayo in situ se aplica lo siguiente: Mientras el equipo ATEX permanezca bajo el control del fabricante y mientras los operadores sean empleados del fabricante, se considera que el producto aún no se ha puesto en el mercado.

#### **4.3.5 Criterio de elección de equipos**

Los equipos para uso en atmósferas potencialmente explosivas en la central de nuestro ejemplo corresponden al Grupo de aparatos II.

La clasificación por categorías en función de la zona en la que se instalen será coherente con lo requerido en el (Real Decreto) R.D. 681/2003; es decir:<sup>149</sup>

En las zonas 0, los equipos de grupo II categoría 1.

En las zonas 1, los equipos de grupo II categoría 1 y 2.

En las zonas 2, los equipos de grupo II categoría 1, 2 y 3.

Todos ellos deberán cumplir los requisitos esenciales de seguridad y salud que figuran en el Anexo II de la Directiva 94/4/CE, llevar el marcado obligatorio y la documentación que debe acompañar a los equipos, sistemas de protección y dispositivos para uso en atmósferas explosivas.

---

<sup>149</sup>.- Real Decreto 681 / 2003, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**. España.

Para que un equipo pueda ser comercializado como ATEX, deberá haber sido diseñado y construido de acuerdo con los requisitos esenciales de seguridad y salud que aparecen en el Anexo II del R.D. 400/96 y, deberá estar provisto de una declaración de conformidad CE en la que se especifique el marcado ATEX.

La declaración de conformidad CE se basa en el cumplimiento de todos los requisitos esenciales de seguridad aplicables, lo que en muchos casos requerirá disponer de un Certificado de Examen CE, emitido por un organismo notificado y estar sujeto al control para el aseguramiento de la calidad por parte del organismo notificado y marcado CE de los equipos.

El marcado CE consistirá:<sup>150</sup>

En el símbolo CE, seguido en algunos casos del número de identificación del organismo notificado involucrado en la etapa para el aseguramiento del control de la producción o de las pruebas por unidad;

Se complementará con la marca distintiva de material para atmósferas explosivas, seguido de la indicación del Grupo,

Categoría y la indicación relativa a gases (G) y/o a polvo (D);

adicionalmente, podrá establecer el código específico del modo o modos de protección, temperatura superficial y subgrupo (por ejemplo, Eex ia IIB T5). Anexo 2 de fotografías.

**TABLA 6. CLASIFICACIÓN POR ZONA, DIVISIÓN Y EQUIPO QUE SE UTILIZA EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN PLANTA DE GENERACION DE BAJO ALTO.** <sup>151</sup>

<b>Descripción Equipo</b>	<b>Clasificación por zona</b>	<b>Clasificación por división</b>	<b>Equipo que se utiliza</b>
<b>3.2.1 SDV o suth down valve o válvula de cerrado de flujo de gas:</b>	Zona 2	División II	Presión neumática.

<sup>150</sup>.- Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas**.- CEPYME, Aragón España. pág. 114.

<sup>151</sup> .-Investigador Tulio Navarrete N.

<b>3.2.2 Tubería de alimentación de gas natural:</b>	Zona 2	División II	tubería
<b>3.2.3 Filtro separador (FG-1):</b>	Zona 2	División II	Clase I Grupo B,C y D Clase II Grupo E, P y G.
<b>3.2.4 Válvula de cierre manual (HV-101), con paso alternativo (by pass). Filtro final (Scrubber filter 2E-101):</b>	Zona 2	División II	EEx e II T6. T6 (Tamb= -50 to 65°C);
<b>3.2.5 Medidor de presión diferencial (FE 162):</b>	Zona 2	División II	EEx e II T6, T6 (Tamb= -50 to 65°C); Con transmisor EEx II 1/2GD.
<b>3.2.6 Medidor de temperatura (TE 163):</b>	Zona 2	División II	Transmisor para atmósferas explosivas
<b>3.2.7 Válvula de seguridad de corte (PSV 171):</b>	Zona 2	División II	Válvula de bola con actuador el electro neumático, EEx d IIC T5. T5 (Tamb= -50 to 80°C)
<b>3.2.8 Válvula de disparo/venteo (PSV 172):</b>	Zona 2	División II	Actuación electro neumático, Salida del gas natural al venteo, alarma y apagado. EEx d IIC T5. T5 (Tamb= -50 to 80°C)

<b>3.2.9 Modulo de válvulas de regulación de gas,</b>	Zona 2	División II	Los actuadores de válvulas tienen la indicación de: EEx d IIC T6; T6 (Tamb= -50 to 65°C); EEx s IIC T3; Swiches de presión Clase I división 1 & 2, Grupo A, B, C, D. Paneles de transferencia eléctrica, Clase I Grupo D Clase II Grupo E, F, & G.
<b>3.2.10 Cuarto de turbina:</b>	Zona 2	División II	El sistema eléctrico está marcado con Clase III.

#### 4.4 LAS PROPORCIONES DE LOS EFECTOS PREVISIBLES.

##### **Explosión.<sup>152</sup>**

Todo fenómeno de combustión que se propaga en el seno de una mezcla gaseosa inflamable. (Es una combustión rápida y exotérmica que genera gases calientes que se expanden, dando lugar a una onda de presión y a un frente de llama que se extiende rápidamente).

Estas explosiones normalmente tienen dos tipos de régimen:

**Explosión deflagrante (deflagración):<sup>153</sup>** la que se propaga (mediante un frente de llama) a una velocidad espacial subsónica. Que puede generar una onda de presión

<sup>152</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

<sup>153</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

(sobrepresión) de efectos destructivos medianos y que puede ser sometida a venteo o extinción.

Es decir la velocidad lineal de avance de la reacción (frente de llama) es inferior a la velocidad del sonido, y la onda de presión generada avanza por delante del frente de llama o zona de reacción.

**Explosión detonante (detonación):**<sup>154</sup> la que se propaga a velocidad espacial supersónica. Se puede generar una onda de presión (sobrepresión) de efectos destructivos potentes y que no puede ser sometida ni a venteo ni a extinción.

Este régimen de propagación de la explosión es más severo, la velocidad de propagación es superior a la velocidad del sonido y la onda de presión, denominada “onda de choque” y el frente de llama avanzan acoplados. Este fenómeno es debido al efecto de compresión de la onda de choque, la cual genera una alta temperatura y da lugar a la auto ignición de la mezcla inflamable que aún no se ha quemado.<sup>155</sup>

De aquí como nota especial se requerirán métodos específicos de protección en las industrias

En el caso de producirse una explosión, se deberán tener en cuenta los posibles efectos de: llamas.

#### **4.4.1 Radiación térmica.**<sup>156</sup>

Ondas de presión,

Proyección de fragmentos,

Emisiones peligrosas de sustancias.

Si la atmósfera explosiva contiene diferentes tipos de gases, vapores, nieblas o polvos inflamables, deberán tenerse debidamente en cuenta en la valoración de los riesgos de explosión. Los efectos de la explosión pueden ser considerablemente mayores.

Deberán considerarse asimismo los ámbitos que están o pueden quedar comunicados con las áreas de riesgo a través de aberturas.

---

<sup>154</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 36.

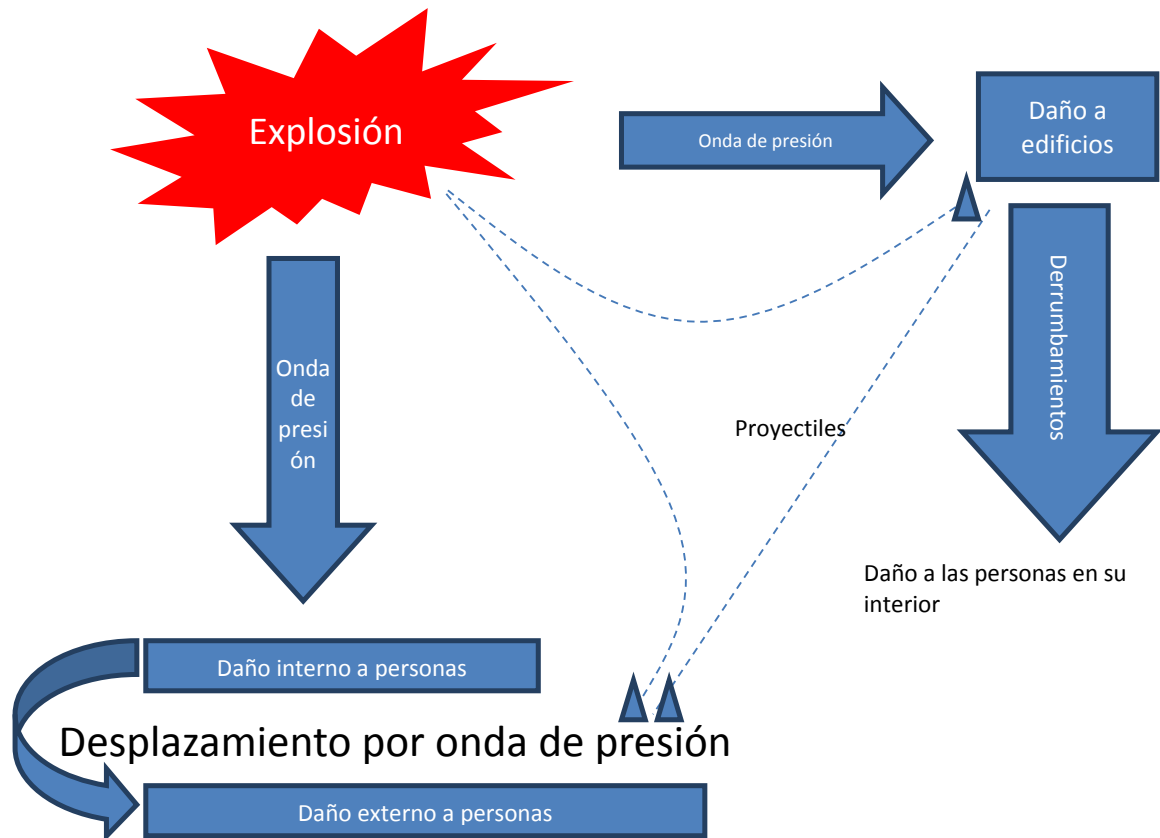
<sup>155</sup>.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, **Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo**, INSHT, España, pág. 12.

<sup>156</sup>.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, **Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo**, INSHT, España, pág. 53.



Se tendrán en cuenta los efectos por la destrucción de partes de las instalaciones situadas en las inmediaciones de la atmósfera explosiva, a la hora de valorar específicamente la formación de atmósferas explosivas peligrosas.

**GRÁFICO 7. VISUALIZACIÓN DE LAS ONDAS DE PRESIÓN DE UNA EXPLOSIÓN <sup>157</sup>**



Los tipos de accidentes potenciales en instalaciones industriales que pueden producir la pérdida del control sobre las sustancias peligrosas y es encadenar fenómenos peligrosos para personas y bienes son debidos a:

- Incendios
- Fugas
- Explosiones
- Vertidos incontrolados, derrames

Estos fenómenos pueden ocurrir aislada, simultánea o secuencialmente.

<sup>157</sup> .- Investigador. Tulio Navarrete N.

Generalmente, se produce un suceso indicador y otros intermedios entre éste y la aparición de las consecuencias por lo que éstas pueden ser diferentes según sean estos sucesos intermedios. Así, una fuga o vertido incontrolado causada cuando un depósito, batería, etc., pierde su integridad estructural, que permite el escape de la sustancia, puede producir, dependiendo del estado de la misma, un posterior incendio, explosión, intoxicación o contaminación.

Podemos tener las siguientes definiciones tomadas del Manual de Seguridad Industrial en plantas químicas y petroleras.

**Dardo de fuego (jet fire):**<sup>158</sup> Si la fuga es de un gas inflamable a alta presión y se produce su ignición en forma de un dardo de fuego; en inglés se denomina “jet fire”. También denominado lengua de fuego.

Llama estacionaria de difusión de gran longitud y poca anchura, como la producida por un soplete oxiacetilénico. Provocada por chorros turbulentos.

**UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion):**<sup>159</sup> Deflagración explosiva de una nube de gas inflamable que se halla en un espacio amplio, cuya onda de presión alcanza una sobrepresión máxima del orden de 1bar en la zona de ignición.

**Incendio de charcos (Pool-Fire):**<sup>160</sup> La acepción castellana charco corresponde a “agua detenida en un hoyo o cavidad de la tierra o del piso” y la preposición de “manifiesta de donde son, vienen o salen las cosas”. Se aplica combustión estacionaria con llama de difusión, de un líquido en un recinto descubierto de dimensiones (extensión) dada.

**BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion):**<sup>161</sup> Estallido producido por calentamiento externo de un recipiente que contiene un líquido a presión, al perder resistencia mecánica el material de la pared y estanqueidad bruscamente. El estallido es particularmente violento, pues al estar el líquido interior muy sobrecalentado, se produce su ebullición a partir de la nucleación homogénea instantánea de una gran parte del mismo.

•**Bola de Fuego (fireball):**<sup>162</sup> Llama de propagación por difusión, formada cuando una masa importante de combustible asciende por contacto con llamas estacionarias

---

<sup>158</sup> .- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 49.

<sup>159</sup> .- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 49.

<sup>160</sup> .- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 49.

<sup>161</sup> .- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 49.

<sup>162</sup> .- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 49.

contiguas. Se forma un globo incandescente que asciende verticalmente y que se consume con gran rapidez.

**Llamarada (flash fire):**<sup>163</sup> Llama progresiva de difusión o pre mezcla con baja velocidad de llama. No produce onda de presión.

**Borbollón (boilover):**<sup>164</sup> En efecto el borbollón, definido como “erupción que hace el agua de abajo para arriba elevándose sobre la superficie” coincide notablemente con el fenómeno físico normalmente conocido por boilover.

**Efecto dominó:**<sup>165</sup> Traducción literal de la expresión inglesa empleada para designar la concatenación de efectos que multiplica las consecuencias, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, otros recipientes, tuberías, incendio, reventón o estallido en los mismos, que a su vez provoque nuevos fenómenos peligrosos.

•**Proyectiles.**<sup>166</sup> Si la rotura se provoca en un recipiente con un líquido licuado bajo presión, se produce un estallido con emisión de trozos del depósito en forma de proyectiles.

Además, estos accidentes pueden producir fenómenos peligrosos para las personas, el medio ambiente y los bienes del tipo:

- Mecánico
- Térmico
- Químico

El principal efecto mecánico es la onda de presión que consiste en compresiones y expansiones alternativas del aire atmosférico, que se traducen en solicitaciones mecánicas transitorias sobre los elementos inertes o los seres vivos provocando deformaciones, roturas, desplazamientos. etc.

Otro efecto mecánico es la emisión de proyectiles.

Los fenómenos térmicos son provocados por la oxidación rápida, no explosiva, de sustancias combustible, produciendo llama, que puede ser estacionaria (incendio de charco, dardo de fuego) o progresiva (llamarada, bola de fuego), pero que en todos los casos disipa la energía de combustión mayoritariamente por radiación e incrementándose

---

<sup>163</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 50.

<sup>164</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 50.

<sup>165</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 50.

<sup>166</sup>.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, **Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo**, INSHT, España, pág. 53.

la temperatura de las materias expuestas pudiendo culminar en la combustión o fusión y volatilización de los materiales expuestos.

Entre los fenómenos químicos peligrosos debidos a fugas o vertidos incontrolados de sustancias que directamente o indirectamente a través de reacciones secundarias inmediatas o diferidas pueden provocar efectos del tipo:

- Tóxicos
- Irritantes
- Cancerígenos
- Mutagénicos
- Corrosivos

No obstante, para producir estos efectos, las sustancias requieren un medio en donde difundirse, lo que además de hacer que su efecto disminuya con la distancia, requiere que transcurra un tiempo, lo que facilita la toma de medidas de control.

Para las personas, al valorar el daño, hay que tener en cuenta la dosis recibida por inhalación a través de las vías respiratorias lo que implica la integración de la concentración del contaminante y el tiempo de exposición. En este sentido, para el caso de accidentes graves se define el límite inmediatamente para la vida y la salud (IPVS) como la máxima concentración del contaminante en un tiempo de 30 minutos a la que un sujeto pueda estar expuesto sin sufrir síntomas graves ni efectos irreversibles para su salud.

Los fenómenos meteorológicos se deben a causas variadas y variables, por eso causan tantas sorpresas, que se clasifican en tres categorías:

**Macroescala:<sup>167</sup>**

Grandes movimientos atmosféricos cuyos efectos duran varios días. Incluyen las corrientes de aire (ida y retorno) entre el ecuador meteorológico (cinturón de la tierra con mayor insolación, que varía con las estaciones) y los polos. Estas corrientes se deben a las diferencias de temperatura entre ambas zonas terrestres y están deformadas por efecto del giro de la tierra: en el hemisferio norte el viento del ecuador a los polos tiende a ser de dirección NE y el retorno de los polos al ecuador tiende a ser en dirección SO. Los movimientos de aire que se indican determinan áreas de presiones altas (anticiclones) y bajas (ciclones).

---

<sup>167</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 38.

**Mesoescala:**<sup>168</sup>

Afecta a aéreas más reducidas (decenas o centenas de Km<sup>2</sup>) y tiempos más cortos (2-24hrs). Se deben a efectos de la topografía (laderas, valles, urbes, costas [brisa de mar durante el día y brisas de tierra durante la noche]).

**Microescala:**<sup>169</sup>

Afecta a las aéreas más reducidas (unidades hasta pocas decenas de Km<sup>2</sup>) y a tiempos aún más cortos (minutos hasta pocas horas). Se deben a efectos semejantes a los de la mesoescala, pero aún más locales: suelo abarcable a simple vista.

#### 4.5 MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD Y LA PROTECCIÓN DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS.

En el texto de Evaluación del riesgo de atmósferas explosivas del Real Decreto de España RD 681 / 2003 se tiene la dirección de Equipos de Protección Colectiva e Individual donde se indica las directrices mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas; y se indica dos acápites esenciales que son:<sup>170</sup>

- Medidas organizativas
- Medidas de protección contra las explosiones.

Las medidas organizativas de acuerdo a la Guía técnica para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas dice:<sup>171</sup>

Cuando en un lugar de trabajo exista un riesgo potencial de explosión, ello plantea también exigencias a la organización del trabajo.

Deberán adoptarse medidas organizativas cuando las medidas técnicas no basten para garantizar y mantener la protección contra explosiones en el lugar de trabajo.

En la práctica, la seguridad del entorno de trabajo también podrá alcanzarse mediante la combinación de medidas técnicas y organizativas para la protección contra explosiones.

Mediante medidas organizativas las fases de trabajo se configuran de tal manera que no puedan exponer a los trabajadores a riesgos de explosión.

---

<sup>168</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 38.

<sup>169</sup>.- J.M. Storch de García, 1998, **Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras**, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid. pág. 38.

<sup>170</sup>.- Equipos de protección colectiva e individual, 2003, **Evaluación del riesgo de atmósferas explosivas. Real Decreto RD 681**. España.

<sup>171</sup>.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, **Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo**, INSHT, España, pág. 104.

El mantenimiento de las medidas de protección técnicas mediante inspección, mantenimiento y reparación también debe quedar fijado mediante medidas organizativas. Las medidas organizativas adoptadas para la protección contra explosiones deben documentarse en el documento de protección contra explosiones.

Relación no exhaustiva de medidas organizativas que deberán realizarse:

#### **4.5.1 Formación e información de los trabajadores<sup>172</sup>**

El empresario deberá proporcionar a los trabajadores una formación e información adecuadas y suficientes sobre los riesgos de explosión existentes en el lugar de trabajo y de las medidas de protección en caso de explosiones.

En esta formación e información de los trabajadores debe explicarse los siguientes aspectos:

- Cómo y en qué puntos del lugar de trabajo surge el riesgo de explosión.
- Las medidas de protección contra las explosiones y su funcionamiento.
- La manipulación correcta de los equipos de trabajo disponibles.
- La ejecución segura de las tareas en áreas de riesgo o a proximidad de éstas.
- El significado de la posible señalización de las áreas de riesgo.
- La indicación de los equipos móviles cuya utilización está autorizada en estas áreas.
- Los equipos de protección personal que deben utilizar durante el trabajo.

Las instrucciones de servicio existentes.

La formación de los trabajadores debe realizarse en los momentos siguientes

- Su contratación (antes de comenzar la actividad),
- Un traslado o una modificación de sus tareas,
- La introducción o modificación de equipos de trabajo,
- La introducción de una nueva tecnología.

La formación de los trabajadores debe efectuarse a intervalos apropiados, por ejemplo una vez al año.

La instrucción debe correr a cargo de una persona debidamente capacitada.

Debe documentarse por escrito la fecha, el contenido y los participantes en las acciones de instrucción.

---

<sup>172</sup>.- Fundación para la prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas**, CEPYME Aragón, España, pág. 105.

#### **4.5.2 Instrucciones de trabajo<sup>173</sup>**

Las instrucciones de trabajo son disposiciones y normas de comportamiento vinculantes relacionadas con la actividad en las áreas de riesgo que el empresario da a los trabajadores por escrito, cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones.

Las instrucciones de trabajo deberán estar recogidas por escrito cuando se traten de tareas críticas debido a la importancia de los riesgos, la complejidad del trabajo o bien a la ocasionalidad del mismo.

En las instrucciones de trabajo se describen los peligros que el lugar de trabajo entraña para el hombre y el medio ambiente, y se señalan las medidas protectoras adoptadas o de cumplimiento obligado.

Las instrucciones de trabajo para lugares de trabajo con riesgo de atmósfera explosiva también deben reflejar especialmente:

- dónde existen qué riesgos,
- dónde y cómo se autorizan qué equipos de trabajo móviles, y
- si es preciso utilizar algún equipo de protección personal.

Las instrucciones de trabajo son elaboradas por el empresario o una persona capacitada por él designada.

Las instrucciones de trabajo deben redactarse de tal modo que todo trabajador pueda comprender y aplicar su contenido.

Las instrucciones de trabajo relativas a una actividad y que describen riesgos diversos u obedecen a disposiciones legales diferentes pueden resumirse en una misma instrucción de servicio. Se consigue así un enfoque homogéneo de los riesgos.

Las instrucciones de trabajo en una empresa, se recomienda una presentación homogénea, a fin de aprovechar el efecto de reconocimiento.

#### **4.5.3 Autorización de trabajos<sup>174</sup>**

El procedimiento que autorice la ejecución de trabajos deberá aplicarse:

- En trabajos dentro o a proximidad de un área de riesgo que pudiera dar lugar a una explosión,
- En procesos de trabajo que puedan plantear riesgos por solaparse con otros trabajos.

---

<sup>173</sup>.- Fundación para la prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas**, CEPYME Aragón, España, pág. 107.

<sup>174</sup>.- Fundación para la prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas**, CEPYME Aragón, España, pág. 109.

El procedimiento de “autorización de trabajo” puede realizarse, por ejemplo, mediante un formulario de autorización para trabajar que deben recibir y firmar todos los participantes.

**GRÁFICO 8. EJEMPLO DE AUTORIZACIÓN DE TRABAJOS** <sup>175</sup>



El formulario es un documento rectangular con un borde rojo. En la parte superior, el título "AUTORIZACIÓN DE TRABAJOS ESPECIALES" está impreso en rojo y se inclina hacia la izquierda. Debajo del título, hay una línea para "Validez desde" y otra para "hasta", ambas con espacios para escribir. El formulario está dividido en dos columnas principales. La columna de la izquierda se divide en dos secciones: "RESPONSABLE UNIDAD" y "RESPONSABLE EJECUCIÓN". La columna de la derecha también se divide en dos secciones: "RESPONSABLE UNIDAD" y "RESPONSABLE EJECUCIÓN". En la sección "RESPONSABLE UNIDAD" de la izquierda, hay tres líneas de texto con casillas de verificación: "El equipo está", "El explosivo es", y "El explosivo es". En la sección "RESPONSABLE EJECUCIÓN" de la izquierda, hay tres líneas de texto con casillas de verificación: "Interumpido las horas", "Colocados todos en", y "Existe ventilación de". En la sección "RESPONSABLE UNIDAD" de la derecha, hay tres líneas de texto con casillas de verificación: "Interumpido las horas", "Colocados todos en", y "Existe ventilación de". En la sección "RESPONSABLE EJECUCIÓN" de la derecha, hay tres líneas de texto con casillas de verificación: "Interumpido las horas", "Colocados todos en", y "Existe ventilación de".

Las autorizaciones de trabajo deberán ser expedidas por una persona expresamente autorizada para ello.

Las autorizaciones de trabajo deberán ser expedidas antes del comienzo de los trabajos.

El tiempo de validez de la autorización de trabajo se establecerá, conjuntamente, por los responsables de la misma.

Si las condiciones de seguridad cambian durante el trabajo o la duración del mismo fuera superior a la prevista, deberá renovarse el documento.

Tras terminar el trabajo, la autorización se deberá entregar a la persona que lo ha autorizado.

Al término de los trabajos debe comprobarse si sigue manteniéndose o se ha restablecido la seguridad de la instalación.

Debe informarse a todos los participantes sobre la finalización de los trabajos.

<sup>175</sup>.- Fundación para la prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas**, CEPYME Aragón, España, pág. 109.



#### **4.5.4 Contenido mínimo de información de una autorización de trabajo:<sup>176</sup>**

La autorización de trabajo debe constar de los apartados esenciales que se citan a continuación:

- Fecha,
- localización del lugar de trabajo
- descripción del trabajo,
- especificación de los riesgos existentes y previsibles,
- comprobación de que la instalación está en condiciones de seguridad,
- equipos de protección colectiva o individual que hay que usar,
- si hay personal ajeno a la empresa, datos de la empresa contratada y teléfonos de emergencias,
- El nombre de las personas que autorizan la operación del trabajo,
- El nombre de la persona que vaya a intervenir, y
- La duración de la autorización.

#### **4.5.5 Acciones que deben realizar las personas implicadas en el proceso**

La persona responsable de la unidad funcional o sección en donde se realiza el trabajo deberá:

- cumplimentar los apartados de la autorización que le correspondan,
- facilitar a la persona responsable de realizar el trabajo toda la información relativa a la seguridad,
- dejar practicables las instalaciones donde se deba trabajar:

#### **4.5.6 Medidas de protección contra las explosiones<sup>177</sup>**

Retomamos lo que indica la Evaluación del riesgo de Atmósferas Explosivas RD 681 /2003, acerca de las medidas que se tiene que tomar para la protección de explosiones:

Todo escape o liberación, intencionada o no, de gases, vapores o nieblas inflamables o de polvos combustibles que pueda dar lugar a riesgos de explosión deberá ser desviado o evacuado a un lugar seguro o, si no fuera viable, ser contenido o controlado con seguridad por otros medios.

---

<sup>176</sup>.- Fundación para la prevención de Riesgos Laborales, 2007, **Guía Técnica para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas**, CEPYME Aragón, España, pág. 110.

<sup>177</sup>.- Equipos de protección colectiva e individual, 2003, **Evaluación del riesgo de atmósferas explosivas. Real Decreto RD 681. España.**

Cuando la atmósfera explosiva contenga varios tipos de gases, vapores, nieblas o polvos combustibles o inflamables, las medidas de protección se ajustarán al mayor riesgo potencial.

De conformidad con lo dispuesto en el RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, cuando se trate de evitar los riesgos de ignición con arreglo al Artículo 3, también se deberán tener en cuenta las descargas electrostáticas producidas por los trabajadores o el entorno de trabajo como portadores o generadores de carga. Se deberá proveer a los trabajadores de calzado antiestático y ropa de trabajo adecuada hecha de materiales que no den lugar a descargas electrostáticas que puedan causar la ignición de atmósferas explosivas.

La instalación, los equipos, los sistemas de protección y sus correspondientes dispositivos de conexión sólo se pondrán en funcionamiento si el documento de protección contra explosiones indica que pueden usarse con seguridad en una atmósfera explosiva. Lo anterior se aplicará asimismo al equipo de trabajo y sus correspondientes dispositivos de conexión que no se consideren equipos o sistemas de protección en la acepción del RD 400/1996, relativo a los equipos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, si su incorporación puede dar lugar por sí misma a un riesgo de ignición. Se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la confusión entre dispositivos de conexión.

Se adoptarán todas las medidas necesarias para asegurarse que los lugares de trabajo, los equipos de trabajo y los correspondientes dispositivos de conexión que se encuentren a disposición de los trabajadores han sido: diseñados, contruidos, ensamblados, instalados, se mantienen y utilizan de tal forma que se reduzcan al máximo los riesgos de explosión; en caso de que este se produzca, se controle o se reduzca al máximo su propagación en dicho lugar o equipo de trabajo. En estos lugares de trabajo se deberán tomar las medidas oportunas para reducir al máximo los riesgos que puedan correr los trabajadores por los efectos físicos de una explosión.

En caso necesario, los trabajadores deberán ser alertados mediante la emisión de señales ópticas y/o acústicas de alarma y desalojados en condiciones de seguridad antes de que se alcancen las condiciones de explosión.

Cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones, se dispondrán y mantendrán en funcionamiento salidas de emergencia que, en caso de peligro, permitan a los trabajadores abandonar con rapidez y seguridad los lugares amenazados.

Antes de utilizar por primera vez los lugares de trabajo donde existan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, deberá verificarse su seguridad general contra explosiones. Deberán mantenerse todas las condiciones necesarias para garantizar la protección contra explosiones.

La realización de las verificaciones se encomendará a técnicos de prevención con formación de nivel superior, trabajadores con experiencia certificada de dos o más años en el campo de prevención de explosiones o trabajadores con una formación específica en dicho campo impartida por una entidad pública o privada con capacidad para desarrollar actividades formativas en prevención de explosiones.

Cuando la evaluación muestre que ello es necesario:

- Deberá poderse, en caso de que un corte de energía pueda comportar nuevos peligros, mantener el equipo y los sistemas de protección en situación de funcionamiento seguro independientemente del resto de la instalación si efectivamente se produjera un corte de energía.
- Deberá poder efectuarse la desconexión manual de los equipos y sistemas de protección incluidos en procesos automáticos que se aparten de las condiciones de funcionamiento previstas, siempre que ello no comprometa la seguridad. Tales intervenciones se confiarán exclusivamente a los trabajadores con una formación específica que los capacite para actuar correctamente en esas circunstancias.
- La energía almacenada deberá disiparse, al accionar los dispositivos de desconexión de emergencia, de la manera más rápida y segura posible o aislarse de manera que deje de constituir un peligro.

De igual forma en el Anexo I del Real Decreto 681/2003; hace mención que en el caso que fuera necesario por ejemplo en caso de producirse una fuga de gas natural, el detector correspondiente generara una alarma en el panel correspondiente de la Sala de Control y ante lo cual se tomaran las medidas correspondientes y oportunas de evacuación de los trabajadores del área de riesgo y en los artículos f y g dice:<sup>178</sup>

En caso necesario, los trabajadores deberán ser alertados mediante la emisión de señales ópticas y/o acústicas de alarma y desalojados en condiciones de seguridad antes de que se alcancen las condiciones de explosión.

---

<sup>178</sup>.- Equipos de protección colectiva e individual, 2003, **Evaluación del riesgo de atmósferas explosivas. Real Decreto RD 681. Anexo I. España.**

Cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones, se dispondrán y mantendrán en funcionamiento salidas de emergencia que, en caso de peligro, permitan a los trabajadores abandonar con rapidez y seguridad los lugares amenazados.

De igual forma se mencionan los equipos de protección individual del trabajador y hace concordancia con los Reales Decretos de lo que es una protección individual o personal de los trabajadores.

El equipo de protección personal se entenderá que es un equipo individual destinado a ser llevado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier accesorio o complemento para ese fin.

El equipo de protección personal deberá cumplir lo que dispone el RD 773 /1997 en las exigencias mínimas relativas a la elección y utilización de los equipos de protección personal, y de igual forma al RD 1407 / 1992 de las exigencias mínimas y obligatorias por parte del fabricante de cada equipo de protección personal con un folleto informativo que debe contener acerca de todas las características, instrucciones y limitaciones de uso, como también de mantenimiento y limpieza, revisiones y caducidad siendo su contenido perfectamente claro.

El equipo de protección personal se lo utiliza cuando las medidas de protección colectiva resulten insuficientes y se imponga el uso de estos equipos; el razonamiento técnico y fundamental del uso de los equipos se da en la secuencia siguiente:

Eliminación del riesgo;

Aislamiento del riesgo;

Alejamiento del trabajador (protección colectiva);

Protección del trabajador (protección personal o individual).

Cabe señalar que la utilización del equipo de protección personal o una combinación de estos conlleva a una serie de molestias al trabajador, por eso a la hora de elegir se debe tener en cuenta el nivel de seguridad necesario y también la comodidad, la elección deberá basarse al estudio y evaluación de los riesgos presentes en el lugar de trabajo, y esto depende de la duración de la exposición, su frecuencia y gravedad, las condiciones existentes en el trabajo y su entorno para saber exactamente los tipos de daño posibles que pueda tener el trabajador. Los equipos de protección personal deben estar en perfectas condiciones y puedan asegurar su función de protección.

#### **4.5.7 Señalización de las zonas de riesgo**

De acuerdo a la Directiva ATEX para usuarios el lugar en el que pueda formarse una atmósfera potencialmente explosiva de tal magnitud que se hagan necesarias medidas especiales para la Protección de la seguridad y la salud de los trabajadores se denomina lugar de peligro y la atmósfera correspondiente a ese lugar se denomina atmósfera Potencialmente explosiva peligrosa.

En estos lugares de trabajo debe colocarse un aviso específico de peligro.

El marcado “EX” advierte a los trabajadores y a otras personas sobre el peligro de explosiones a causa de la presencia de sustancias combustibles en la zona del puesto de trabajo. Esas sustancias combustibles pueden encontrarse en forma de gases, vapores, nieblas o polvos.

Atmósferas potencialmente explosivas pueden encontrarse en empresas grandes, p.ej. en empresas químicas, en refinerías, en centrales eléctricas, en empresas de abastecimiento de gas y también en empresas pequeñas como son empresas de procesamiento de madera, empresas de barnizado y pintura, en la agricultura y en la producción de alimentos.

De igual forma la señalización la tomamos del Real Decreto RD 681 / 2003, en el que indica:<sup>179</sup>

Los accesos a las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que supongan un peligro para la salud y la seguridad de los trabajadores deberán señalizarse, cuando sea necesario, con arreglo a:

Características intrínsecas:

Forma triangular.

Letras negras sobre fondo amarillo, bordes negros (el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).

---

<sup>179</sup>.- Equipos de protección colectiva e individual, 2003, **Evaluación del riesgo de atmósferas explosivas. Real Decreto RD 681. Anexo I. España.**

**GRÁFICO 9. SEÑALIZACIÓN. ZONA CON RIESGOS DE ATMÓSFERAS  
EXPLOSIVAS <sup>180</sup>**



---

<sup>180</sup>.- Equipos de protección colectiva e individual, 2003, **Evaluación del riesgo de atmósferas explosivas. Real Decreto RD 681. Anexo III. España.**

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1 CONCLUSIONES

Una central termoeléctrica de gas natural, es una instalación empleada a partir de la energía liberada en forma de calor, mediante la combustión de gas natural que es un combustible fósil. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

La Seguridad Industrial en plantas de cualquier tipo, nuevas o existentes es, actualmente, uno de los temas de mayor preocupación en la Industria a nivel mundial, ya que una inadecuada valoración de los riesgos a los Procesos involucrados, le ha costado, en el pasado reciente (El Gobierno de Venezuela no da un reporte oficial de víctimas desde la noche del sábado, cuando informó de la muerte de 39 personas y de al menos 86 heridos que debieron recibir algún tipo de atención médica. La refinería de Amuay, en el Centro de Refinamiento de Paraguaná (CRP) y una de las mayores del mundo, sufrió una explosión en la madrugada del sábado a causa de un escape de gas que provocó inicialmente el incendio de nueve tanques de combustible, destrozos y derrumbes en las viviendas aledañas.<sup>181</sup> Y Petróleos Mexicanos (Pemex) reportó ayer la muerte de 26 personas -cuatro de ellos trabajadores de la empresa y 22 de firmas contratistas- provocada por un incendio en el Centro Receptor de Gas y Condensados de Pemex Exploración y Producción, ubicado en el kilómetro 19 de la carretera Reynosa-Monterrey, en el estado de Tamaulipas, cerca de la frontera con Estados Unidos.<sup>182</sup> mientras se realizaba este trabajo), a algunas Empresas, muchísimo dinero.

Pero el mayor motivo de preocupación de las Empresas Industriales, a nivel mundial, está dado por la responsabilidad de proteger a los trabajadores, a la población y al ambiente, para evitar un Accidente Industrial Mayor, que podría evitarse, y si tuviera lugar por culpa de una falta de prevención.

Este Trabajo toma en consideración el “Repertorio de recomendaciones prácticas para la prevención de accidentes industriales mayores”, publicado por la OIT en 1991, así como el Convenio “C174 Convenio sobre la prevención de accidentes industriales mayores” y

---

<sup>181</sup>.- El Comercio, lunes 27 de agosto 2012, **Caracas EFE**. Quito-Ecuador.

<sup>182</sup>.- El Economista, domingo 18 de Septiembre 2012, **Karol Garcia/El Economista**, México.

las Recomendaciones “R 181 Recomendación sobre la prevención de accidentes industriales mayores” publicados por el mismo Organismo en 1993.

Así como el ánimo de conocer y comparar las leyes de nuestro país, con los tratados internacionales que se han firmado, con las normativas internacionales que se han sugerido dentro de la misma normativa ecuatoriana; y que la OIT menciona en la Declaración de Seúl, sobre seguridad y salud en el trabajo de junio de 2008:<sup>183</sup>

Reconociendo las serias consecuencias que tienen las enfermedades y accidentes relacionados con el trabajo, estimadas por la Oficina Internacional del Trabajo en 2.3 millones de víctimas por año a nivel mundial y una pérdida económica del 4 por ciento del producto interior bruto global (PIB),

Reconociendo que el avance en la seguridad y salud en el trabajo tiene un impacto positivo en las condiciones laborales, la productividad y el desarrollo económico y social, recordando que el derecho a un medio ambiente de trabajo seguro y saludable debe ser reconocido como un derecho humano fundamental y que la globalización debe ir acompañada de medidas preventivas para garantizar la seguridad y salud de todos en el trabajo,

Reconociendo la importancia de los instrumentos de la educación, formación, consulta e intercambio de información y buenas prácticas en la prevención y la promoción de medidas preventivas,

De acuerdo a Mycle Schneider, la seguridad de un reactor depende sobre todo en la 'cultura de seguridad', incluyendo la calidad del mantenimiento y el entrenamiento, la competencia del operador y de la fuerza de trabajo, y la rigurosidad de la supervisión de las regulaciones. De esta forma un reactor más nuevo y mejor diseñado no siempre es el más seguro, y los reactores más viejos no son necesariamente más peligrosos que los más nuevos.

El accidente de 1978 de Three Mile Island ocurrió en un reactor que había comenzado a operar solo tres meses antes, y el desastre de Chernóbil ocurrió después de sólo dos años de operación. Una grave pérdida de refrigerante ocurrió en el reactor francés de Civaux-1 en 1988, menos de cinco meses después de iniciar sus operaciones.

Sin embargo una planta segura está diseñada para ser operada por humanos que tienden a cometer errores. Laurent Stricker, un ingeniero nuclear y presidente de la Asociación Mundial de Operadores Nucleares dice que los operadores deben preocuparse de evitar la

---

<sup>183</sup>.- OIT, Oficina Internacional del Trabajo, 2008, **Declaración de Seúl sobre seguridad y salud en el trabajo**, Seúl, República de Corea.



complacencia y la excesiva confianza. Los expertos dicen que el "factor interno con mayor peso en determinar la seguridad de una planta es la cultura de seguridad entre los reguladores, operadores y la fuerza de trabajo — y crear tal cultura no es fácil".<sup>184</sup>

Aunque se hayan tomado medidas para evitar el peligro inherente a un área potencialmente explosiva, ya sea limitando la fuente de peligro o sus efectos, una correcta actitud de los operadores hacia las medidas de seguridad tomadas debe ser parte esencial del establecimiento de la operación segura en una planta.

Una de las conclusiones más importantes que nos dejan los grandes accidentes industriales, químicos y nucleares de la historia de la humanidad es que de acuerdo a los reportes y comentarios estos se pudieron evitar y en el peor de los casos mitigar sus consecuencias en la población, ambiente y funcionamiento de la industria.

El potencial de accidentes industriales mayores, que se ha incrementado de forma significativa con el aumento de la producción, almacenamiento y utilización de sustancias peligrosas, ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con un enfoque sistemático y claramente definido para el control de tales sustancias, con el fin de proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente. Las recomendaciones prácticas del “Repertorio de recomendaciones prácticas para la prevención de accidentes industriales mayores”, publicado por la OIT en 1991, así como el Convenio “C174 Convenio sobre la prevención de accidentes industriales mayores” y las Recomendaciones “R 181 Recomendación sobre la prevención de accidentes industriales mayores” publicados por el mismo Organismo en 1993 están destinadas para el uso de quienes son responsables de la prevención de accidentes industriales mayores. Y estos no están destinados a reemplazar las disposiciones legislativas o reglamentarias nacionales, ni las normas vigentes. Ha sido elaborado con el propósito de suministrar orientaciones a quienes puedan estar comprendidos en el marco de disposiciones relativas al control de accidentes mayores en la industria; es decir, autoridades competentes y direcciones de fábricas, y en todo caso a los servicios de urgencia. Asimismo, el repertorio ofrece directrices a las organizaciones de empleadores y de trabajadores.

El éxito de las medidas de protección descansa dentro de la esfera de influencia de los operadores, empleados y empleadores en la parte de instalación. El uso efectivo de sistemas de ventilación adecuadamente diseñados es un ejemplo. La efectividad del sistema de extracción de vapores a menudo depende en forma decisiva de pequeños

---

<sup>184</sup>. - M.V. Ramana. Nuclear Power, 2009, **Economic, Safety, Health, and Environmental Issues of Near- Term Technologies**, Annual Review of Environment and Resources ,Princeton University, New Jersey, pág.139.

factores como una tubería de extracción correctamente colocada con respecto a la fuente de emisión de gases.

Esto demuestra la importancia de la instrucción adecuada del personal y el control basado en los conceptos de seguridad en áreas potencialmente explosivas, podemos indicar que la onerosa y necesaria inversión en equipos adecuados para áreas peligrosas únicamente serán efectivas si estos aparatos son operados por personal que ha sido cuidadosamente entrenado en los peligros y los métodos de seguridad empleados; reduciendo la probabilidad de ocurrencia de accidentes debidos a actos inseguros del personal. En adición a los riesgos que pueden resultar de la mala aplicación de medidas de protección primaria, condiciones de peligro pueden ser introducidas por la misma operación del equipo.

En el estudio de atmósferas explosivas realizado al proceso de generación eléctrica a base de gas natural en la Planta de Bajo Alto; se revisó la documentación del proceso como es diagramas y descripción, instrucciones de operación, descripción de los sistemas de control y alarmas, hoja de seguridad del combustible, las especificaciones del equipo en uso y el cumplimiento de la normativa nacional e internacional vigente que establecen requisitos de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones industriales; y que nos sirvió para observar la clasificación de zonas y el tipo de equipos que están designados para el uso en atmósferas explosivas.

En la Tabla 6, se encuentra la clasificación por zona, división y equipo que se utiliza, en la cual se demuestra el cumplimiento de la normativa nacional del Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE.-INEN 19:2001.- Código de Práctica Nacional. Código Eléctrico Nacional, Capítulo 5. Ambientes Especiales; Sección 500. Lugares Peligrosos (clasificados); el cual armoniza con el National Electrical Code, NEC art. 500 & 510-516 (Código Eléctrico Nacional, USA; American Petroleum Institute, API RP500 & Rp 505 (Instituto Americano de Petróleo, USA; Internacional Electrotechnical Commision IEC 6000079 (Comisión Electrotécnica Internacional); y la Directiva 94/9/CE, ATEX 95. de la Comunidad Europea.

En la operación del equipo se incluye los sistemas automáticos de protección o redundantes en seguridad operativa que con el avance de la ciencia informática ayudan a prevenir los accidentes mayores y nos da un nivel muy alto de confiabilidad en su acción protectora, es por eso que la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) emite las Normas IEC 61508 (Seguridad Funcional de Equipo Eléctricos, Electrónicos y Electrónicos Programables) e IEC 61511 (Seguridad Funcional en la Industria de

Procesos), sobre la base de la Directiva 96/82/EC (Seveso II) emitida por el Consejo de la Unión Europea en 1996.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Los sistemas de protección deberán tener unas dimensiones tales que reduzcan los efectos de las explosiones a un nivel de seguridad suficiente.

Los sistemas de protección deberán diseñarse y poder colocarse de forma que impidan que las explosiones se transmitan mediante reacciones peligrosas en cadena o por chorro de llamas, y que las explosiones incipientes se conviertan en detonaciones.

En caso de interrupción de la alimentación de energía, los sistemas de protección deberán mantener su capacidad de funcionamiento durante un período adecuado para evitar situaciones peligrosas.

Los sistemas de protección no deberán tener fallos de funcionamiento debido a influencias perturbadoras externas; es por esta razón que la tecnología moderna en su avance para mejorar la seguridad operacional incorpora el equipamiento de protección automática o Sistemas automáticos de protección que integran una gran proporción de componentes electrónicos programables, que deberán tener su programa de mantenimiento diseñado de tal forma que se mantengan y se certifiquen sus límites máximos y mínimos, sus señales de entrada y salida del proceso, las interfaces del proceso y sus interacciones con los otros sistemas.

Particularmente pueden surgir situaciones críticas cuando se llevan a cabo operaciones de mantenimiento o reparación de equipos en áreas peligrosas. Un alto rango de consideración y cuidado debe aplicarse, comenzando desde la planeación y preparación del evento de mantenimiento.

Para los trabajos de soldadura y otros trabajos a llama descubierta, durante los procedimientos de taladrado, martillado o de corte; donde a menudo pueden producirse chispas; y en todos aquellos trabajos donde se utilicen equipos sin certificación para áreas peligrosas, equipos de medición y prueba o vehículos llevados a áreas con atmósferas potencialmente explosivas, los operadores de planta deben tomar las medidas necesarias para asegurar que el trabajo se lleve a cabo de forma segura.

En los permisos de trabajo o en el operativo de trabajo, los posibles peligros deberán ser identificados y las medidas apropiadas de seguridad se tomaran para evitar explosiones. Además, el curso cronológico del trabajo, la descripción exacta del lugar de trabajo, el

personal involucrado en la realización del trabajo y todos aquellos responsables de la seguridad y el control deberán encontrarse documentados.

La formación de atmósferas potencialmente explosivas durante el periodo de trabajo, debe de excluirse en lo posible. Si existe algún factor de riesgo remanente, deberán tomarse medidas especiales.

El concepto de protección primaria contra explosión deberá tener su apropiada importancia.

Cuando un proceso de la planta se encuentre en operación, las fuentes de ignición pueden ocurrir como resultado de una falla de operación o sobretodo como resultado de cargas electrostáticas. En la mayoría de los casos los equipos instalados permanentemente pueden contrarrestar muchos de los peligros potenciales. Por otro lado, la conciencia de seguridad y la actitud confiable del empleado es absolutamente necesaria si se desea evitar problemas en esta área tan delicada.

Los empleados que laboran en áreas con atmósferas potencialmente explosivas deberán:

Seguir las instrucciones de seguridad;

Practicar las medidas de seguridad;

Utilizar únicamente equipos y dispositivos específicos;

Corregir o reportar fallas o deficiencias inmediatamente.

Los lineamientos para protección contra explosiones consagran una sección completa a las medidas especiales que deben tomarse durante los trabajos de reparación en áreas peligrosas.

## GLOSARIO

- INEN.- Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
- NTE.- Norma Técnica Ecuatoriana.
- CPN.- Código de Práctica Nacional.
- SST.- Seguridad y Salud en el Trabajo.
- SAST.- Sistema de Administración de la Seguridad y Salud en el Trabajo.
- SART.- Sistema de Auditoria de Riesgos de Trabajo.
- OIT.-Organización Internacional del Trabajo.
- OMS.-Organización Mundial de la Salud.
- ONU.- Organización de Naciones Unidas.
- NFPA.-National Fire Protection Association, de Estados Unidos de América.
- NEC.- Código Eléctrico de Estados Unidos de América
- API.- American Petroleum Institute de Estados Unidos de América.
- OSHA.- Occupational Safety and Health Act. De Estados Unidos de América.
- Real Decreto RD.- Decretos de la República de España.
- INSHT.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España.
- ATEX.- Atmósfera explosiva. España.
- CEPYME.- Fundación para la prevención de riesgos laborales, Aragón. España.
- CE.- Comunidad Europea.
- CENELEC.- Comité Europeo para normas electrotécnicas. Comunidad Europea.
- IEC.- International Electrotechnical Commission, Comunidad Europea.
- COMBUSTIÓN.- Reacción de oxidación entre combustible y comburente, iniciada por una cierta energía de activación y con desprendimiento de calor. Dicha reacción es representada habitualmente por el Triángulo del Fuego actuando sobre cualquiera de los componentes de la reacción, la combustión no es posible.<sup>185</sup>
- EXPLOSIÓN.- Combustión muy rápida, o instantáneas.
- ATMÓSFERAS POTENCIALMENTE EXPLOSIVAS.- Atmósfera que puede convertirse en explosiva debido a circunstancias locales y de funcionamiento.
- ÁREAS EN LAS QUE PUEDEN FORMARSE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.- Son áreas de riesgo aquéllas en las que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados.  
Las sustancias inflamables o combustibles se considerarán sustancias capaces de formar atmósferas explosivas, a no ser que el análisis de sus propiedades demuestre que, mezcladas con el aire, no son capaces por sí solas de propagar una explosión.  
Las capas, depósitos y acumulaciones de polvo inflamable deben considerarse como cualquier otra fuente capaz de formar atmósferas explosivas.
- EQUIPOS Y SISTEMAS DE PROTECCION PARA USO EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.-
  - a) Se entenderá por aparatos las máquinas, los materiales, los dispositivos fijos o móviles, los órganos de control y la instrumentación, los sistemas de detección y

---

<sup>185</sup>.- Real Decreto 681 / 2003, **sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.** España, 6 de junio 2003, España.

prevención que, solos o combinados, se destinan a la producción, transporte, almacenamiento, medición, regulación, conversión de energía y transformación de materiales y que, por la fuentes potenciales de ignición que los caracterizan, pueden desencadenar una explosión.

b) Se entenderá por sistemas de protección los dispositivos, distintos de los componentes de los aparatos definidos anteriormente, cuya función es la de detener inmediatamente las explosiones incipientes y/o limitar la zona afectada por una explosión, y que se comercializan por separado como sistemas con funciones autónomas.

c) Se entenderá por «componentes» las piezas que son esenciales para el funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección, pero que no tienen función autónoma.

d) Los aparatos y sistemas de protección podrán estar diseñados para atmósferas explosivas determinadas. En este caso deberán marcarse convenientemente.

#### **--GRUPOS Y CATEGORIAS DE APARATOS.--**

**A.-GRUPO DE APARATOS I.-** está formado por aquellos destinados a trabajos subterráneos en las minas y en las partes de sus instalaciones de superficie, en las que puede haber peligro debido al grisú y/o al polvo combustible. Se clasifica en función del nivel de protección:

Categoría 1 (Nivel de Protección Muy Alto); y

Categoría 2 (Nivel de Protección Alto).

**B.-GRUPO DE APARATOS II.-** está compuesto por aquellos destinados al uso en otros lugares en los que puede haber peligro de formación de atmósferas explosivas. Se clasifica en función del nivel de protección:

Categoría 1 (Nivel de Protección Muy Alto);

Categoría 2 (Nivel de Protección Alto);

Categoría 3 (Nivel de Protección Normal).

**--DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD.--** Documento emitido por el fabricante, o por su representante legal, por el que se afirma que un determinado aparato, sistema o componente cumple todas las prescripciones de la directiva o directivas aplicables.

## **BIBLIOGRAFÍA**

T.R. Dickson, 2002, Química Enfoque Ecológico, Editorial Limusa, México. SMC, 2010, Guía de productos conformes a Atex, SMC Corporation, España.

Siemens AG Automation and Drives Postfach, 2005, Protección contra explosiones, Fundamentos.-SIMATIC.- ET 200, Nürnberg Alemania.

Real Decreto RD 681 / 2003, Equipos de protección colectiva e individual, Evaluación del riesgo de atmósferas explosivas. España.

Real Decreto 681 / 2003, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. España.

R. A. Burns, 2003, Fundamentos de Química, Pearson Educación, México.

R. A. Burns, 2003, Fundamentos de Química, Pearson Educación, México.  
Productos SMC conformes a la normativa ATEX, 2005.

OSHA.- Occupational Safety and Health Act. De Estados Unidos de América.

OIT.-RECOMENDACION R181 sobre la prevención de accidentes industriales mayores. 1993.

OIT.-1990, Prevención de accidentes industriales mayores; Ginebra.

OIT.-1972, Instrumento de Enmienda de 1972.

OIT.- CONVENIO C174 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, 1993.

OIT.- 1991, Prevención de accidentes industriales mayores, 1 Disposiciones Generales. Ginebra.

OIT, 2010, Constitución de la Organización Internacional del Trabajo, Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra.

OIT,- 2008, Declaración de Seúl, sobre seguridad y salud en el trabajo. Seúl.

OIT, 1998, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Cuarta Edición, Madrid.

OIT, 1993, C174 Convenio sobre la prevención de accidentes industriales mayores, Ginebra.

OIT, 1981, R164 Recomendación sobre seguridad y salud de los trabajadores, Ginebra.

OIT, 1981, P155 Protocolo de 2002 relativo al Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, Ginebra.

NTP 369: Atmósferas potencialmente explosivas: Instalaciones eléctricas.

NFPA 70, National Electrical Code 2008, NEC 2008 Handbook, National Fire Protection Association, Massachusetts.

NEC HANDBOOK 2008, National Electrical Code; Copyright NFPA, National Fire Protection Association, USA.

Ministerio del Ambiente, 2002, Texto Unificado de la Legislación Secundaria, Título Preliminar, De las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador.

Ministerio de Trabajo y Empleo. 1998. Reglamento de seguridad del trabajo contra riesgos en instalaciones de energía eléctrica-Acuerdo No. 013. Quito-Ecuador.

Ministerio de Trabajo y Empleo, 1986, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, Quito. Ecuador.

Ministerio de Trabajo e Inmigración, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003, Guía Técnica para Evaluación y Prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el Lugar de Trabajo, Real Decreto 681, Madrid-España.



Ministerio de Bienestar Social, 2009, Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios para ser aplicado por los Cuerpos de Bomberos del País, Acuerdo Ministerial 3257, Registro oficial 114, Quito, Ecuador.

Michelle Michot Foss, 2003, Sistemas de Seguridad y Protección de GNL, CEE, Center for Energy Economics. Texas.

Manuel Jesús Falagán Rojo, 2005, Higiene Industrial Aplicada “Ampliada”, Editorial Fundación Luis Fernández Velasco, Madrid.

Manuel Elías Sánchez, miércoles 28 de Abril del 2010, Nuevo Empresario Periódico de Negocios del Ecuador.

M.V. Ramana. Nuclear Power, 2009, Economic, Safety, Health, and Environmental Issues of Near-Term Technologies, Annual Review of Environment and Resources, Princeton University, New Jersey.

Ley de Seguridad Social. Seguro General de Riesgos del Trabajo. Ecuador.

Juan Vélez Andrade, 2011, Revista Técnica Informativa del Seguro General de Riesgos del Trabajo / Ecuador.

Joe Teeples, 2007, CCH What Every Supervisor Must Know About OSHA-Construction, Editorial Wolters Kluwer, USA.

J.M. Storch de García, 1998, Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Volumen I, Volumen II, Editorial McGrawHill, Madrid.

International Electrotechnical Commission, 1979, Appendix C-preferred symbols for denoting Class I, Zone 0, Zone 1, Zone 2, hazardous (classified) areas. IEC 79-10, Comisión Europea.

Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2003. Capítulo I, Disposiciones Generales.

Instructivo de aplicación del Reglamento para el sistema de Auditoria de Riesgos del Trabajo-SART.-2010. Ecuador.

Instituto Navarro de Salud Laboral, 2009, Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmosferas explosivas en el lugar de trabajo. Aparatos y Sistemas de Protección para uso en atmosferas potencialmente explosivas. Navarra. España.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2008, Guía Técnica para la Evaluación y prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el lugar de Trabajo, INSHT, España.

Instituto Nacional de Normalización, 2009, NTE INEN 2266:2009. Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos. Primera Revisión. Quito-Ecuador.

Instituto Nacional de Normalización, 2000, NTE INEN 2288:2000. Productos químicos industriales peligrosos. Etiquetados de Precaución. Primera Edición. Quito-Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2001, CPE.- INEN 19:2001.- CODIGO DE PRACTICA NACIONAL.-CODIGO ELECTRICO NACIONAL. Quito. Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1984, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 440-1984-04. Colores de Identificación de Tuberías. Quito, Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1976, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 439:1976, Señales y Símbolos de Seguridad. Ecuador.

General Electric Company, 1998, Speedtronic Mark V, Turbine Control Maintenance Manual, GE, USA.

Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales, 2007, Guía Técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas.- CEPYME, Aragón España.

El Economista, domingo 18 de Septiembre 2012, Karol García/El Economista, México.

El Comercio, lunes 27 de agosto 2012, Caracas EFE. Quito-Ecuador.

Constitución de la República del Ecuador. 2008. Ecuador.

Comunidad Europea, 1994, Directiva 94/9/CE, "ATEX 95".España.

CEPYME, 2003, Guía Técnica para la seguridad y salud en atmosferas explosivas, Volumen I, Fundación para la prevención de riesgos laborales, Aragón. España.

API American Petroleum Institute, 1997, Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2, Washington, D.C.

## ANEXOS

### ANEXO 1.- HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL GAS NATURAL.



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS **GAS NATURAL**

Números de identificación ONU: 1971 y 1972

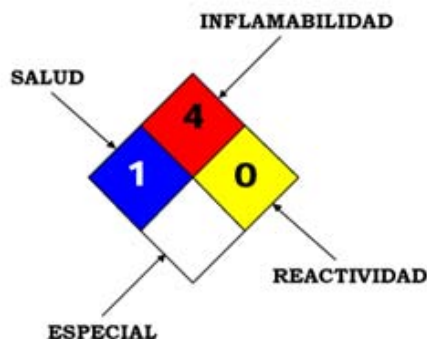
TELÉFONOS DE EMERGENCIA (LAS 24 HORAS):

	<b>ECU - 911</b>	
--	------------------	--

### Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704 <sup>3</sup>

#### GRADOS DE RIESGO:

- 4. MUY ALTO
- 3. ALTO
- 2. MODERADO
- 1. LIGERO
- 0. MINIMO



#### 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No:	HDSSQ-001
Nombre del Producto	Gas Natural
Nombre Químico	Metano
Familia Química	Hidrocarburos del Petróleo
Fórmula Molecular	Mezcla ( $\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8$ )

<sup>1</sup> Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Comunicaciones; dependiente de la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

<sup>3</sup> NFPA = National Fire Protection Association, USA.

2. COMPOSICION E INFORMACION DE LOS COMPONENTES			
MATERIAL	%	Número CAS (Chemical Abstracts Service)	LEP (Límite de Exposición Permissible)
Gas Natural (Metano)	88	74-82-8	Asfixiante Simple
Etano	9		
Propano	3		
Etil Mercaptano	17-28 ppm		Odorífico

El CAS del Etil Mercaptano es 75-08-01 y el ACGIH TLV: 0.5 ppm

## IDENTIFICACION DE RIESGOS

HR: 3 = (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

## SITUACION DE EMERGENCIA

**Gas altamente inflamable. Deberá mantenerse alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor.** Las conexiones eléctricas domésticas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes.

Debe manejarse a la intemperie ó en sitios abiertos a la atmósfera para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas. Se deberá evitar el manejo del gas natural en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico, por el odorífico utilizado, puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente; sin embargo, el sentido del olfato se perturba, a tal grado, que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.

#### 4. PRIMEROS AUXILIOS

**Ojos:** El gas natural licuado puede salpicar a los ojos provocando un severo congelamiento del tejido, irritación, dolor y lagrimeo. Aplique, con mucho cuidado, agua tibia en el ojo afectado. Solicite atención médica. Deberá manejarse con precaución el gas natural cuando esta comprimido ya que una fuga provocaría lesiones por la presión contenida en los cilindros.

**Piel:** Al salpicar el gas natural licuado sobre la piel provoca quemaduras por frío, similares al congelamiento. Mojar el área afectada con agua tibia o irrigar con agua corriente. No use agua caliente. Quítese los zapatos o la ropa y impregnada. Solicite atención médica.

**Inhalación:** No deberá exponerse a altas concentraciones de gas, en caso de lesionados, aléjelos del área contaminada para que respiren aire fresco. Si la víctima no respira, inicie de inmediato resucitación cardiopulmonar. Si presenta dificultad para respirar, adminístrese oxígeno medicinal (solo personal calificado) Solicite atención médica inmediata. El gas natural es un asfixiante simple, que al mezclarse con el aire ambiente, desplaza al oxígeno y entonces se respira un aire deficiente en oxígeno. Los efectos de exposición prolongada pueden incluir dificultad para respirar, mareos, posibles náuseas y eventual inconsciencia.

**Ingestión:** La ingestión de este producto no es un riesgo normal

## 5. PELIGROS DE EXPLOSION E INCENDIO

Punto de Flash -222.0 °C  
Temperatura de Auto ignición 650.0°C  
Límites de Explosividad:

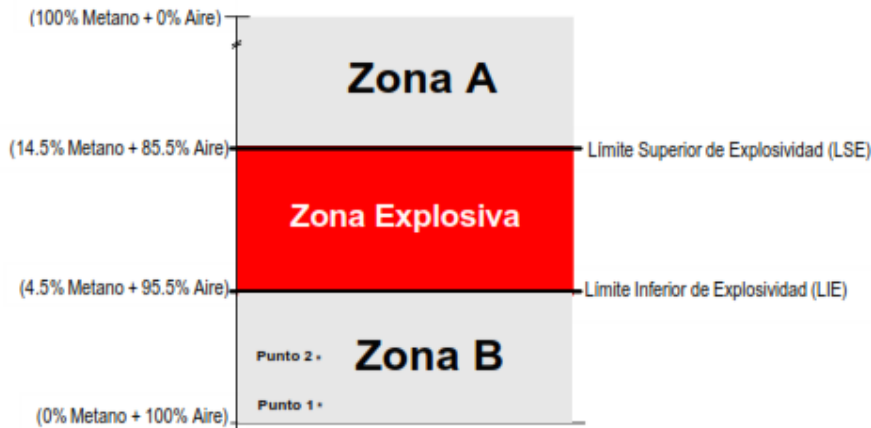
Inferior 4.5 %  
Superior 14.5 %

**Punto de Flash:** Una sustancia con punto de flash de 38 °C o menor se considera peligrosa; entre 38 °C y 93 °C, moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del gas natural (-222.0 °C) lo hace un compuesto

### Mezcla de

- Aire +
- Gas Natural

Zonas A y B: En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 4.5% y más de 14.5% de gas natural no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerquen a la zona explosiva. En la Zona Explosiva solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar un incendio o explosión.



Calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas:

Punto 1 = 20% del LIE. - Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente.

Punto 2 = 60% del LIE.- Se deberán ejecutar acciones de bloqueo de válvulas, disparo de motores, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

**Zona Explosiva.** Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5 % y 14.5 % son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión.

**Extinción de Incendios:** Polvo químico seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico) bióxido de carbono y aspersión de agua para las áreas afectadas por el calor o circundantes. Apague el fuego bloqueando la fuente de fuga.

### Instrucciones Especiales para el Combate de Incendios:

a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio:

Si esto sucede a la intemperie el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.

Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario son:

El gas natural o metano es más ligero que el aire y por lo tanto, las fugas ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera, disipándose en el aire. Las techumbres deberán tener preventivamente venteos para desalojar las nubes de gas, de lo contrario, lo atraparán riesgosamente en las partes altas. Verificar anticipadamente por medio de pruebas y Auditorías que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento):

- Especificaciones de tubería (válvulas, conexiones, accesorios, etc.) y prácticas internacionales de ingeniería.
- Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.
- Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas, etc., en prevención a posibles fugas, con actuadores local y remoto en un refugio confiable.
- Redes de agua contra incendios permanentemente presionados, con sistemas disponibles de aspersión, hidrantes y monitores, con revisiones y pruebas frecuentes.
- Extintores portátiles.

El personal de operación, mantenimiento, seguridad y contraincendios deberá estar capacitado, adiestrado y equipado para cuidar, manejar, reparar, y atacar incendios o emergencias, que deberá demostrarse a través de simulacros operacionales (falla eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de agua de enfriamiento, rotura de ducto de transporte, etc.) y contraincendios.

b) Incendio de una fuga de gas natural:

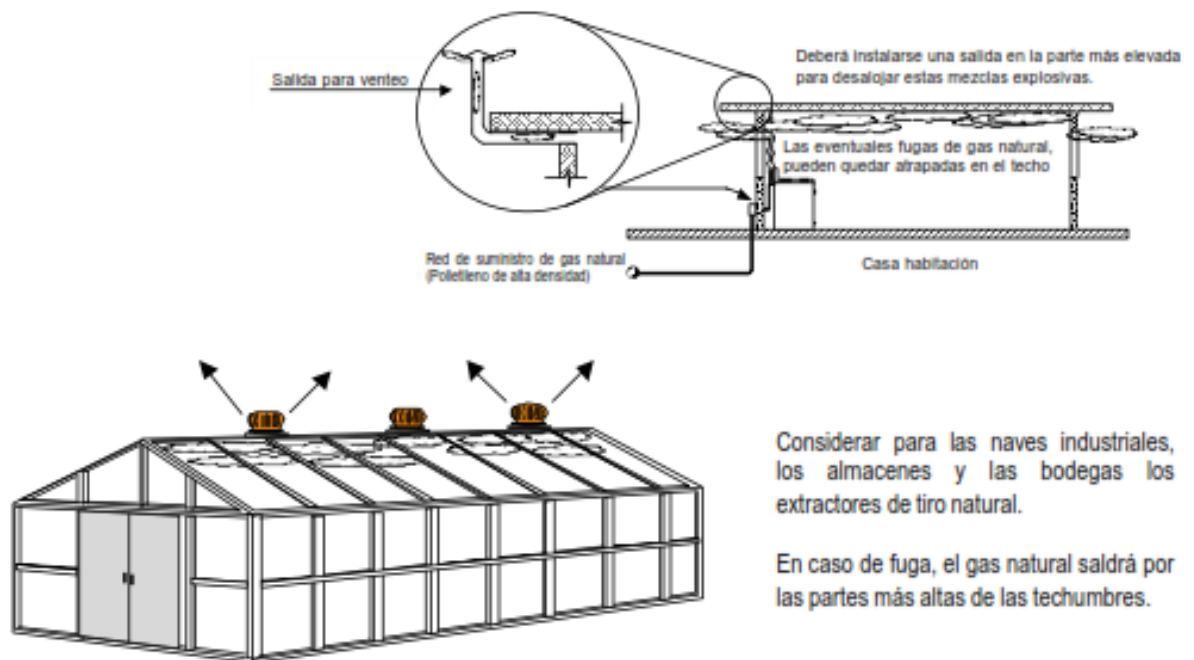
Active el Plan de Emergencia según la magnitud del evento.

Aún sin incendio, asegúrese que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.

Bloquee las válvulas que alimentan la fuga y proceda con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia mientras enfría con agua las superficies expuestas al calor, ya que el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos provoca daños catastróficos.



**Peligro de Incendio y Explosión:** El gas natural y las mezclas de éste con el aire ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera; en ciertas concentraciones son explosivas. En una casa, habitación, o techumbre industrial, una fuga de gas natural asciende hacia el techo, y si ésta no tiene salida por la parte más alta, se quedará atrapada como se muestra en los dibujos (abajo), parte del gas sale por las ventanas y puertas hacia la atmósfera exterior, y otra parte se queda “atrapada” en la parte inferior del techo y en el momento en que se produzca alguna chispa (al energizar algún extractor, ventilador o el alumbrado) se producirá una violenta explosión



## 6. RESPUESTA EN CASO DE FUGA

**Fuga en Espacios Abiertos:** Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga. El gas natural se disipará fácilmente. Tenga presente la dirección del viento.

**Fuga en Espacios Cerrados:** Elimine precavidamente fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.

## 7. PRECAUCIONES PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Todo sistema donde se maneje gas natural debe construirse y mantenerse de acuerdo a especificaciones que aseguren la integridad mecánica y protección de daños físicos. En caso de fugas en un lugar confinado, el riesgo de incendio o explosión es muy alto.

**Precauciones en el Manejo:** Evite respirar altas concentraciones de gas natural. Procure la máxima ventilación para mantener las concentraciones de exposición por debajo de los

límites recomendados. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas.

## 8. CONTROLES CONTRA EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Controles de Ingeniería: Utilice sistemas de ventilación natural en áreas confinadas, donde existan posibilidades de que se acumulen mezclas inflamables. Observe las normas eléctricas aplicables para este tipo de instalaciones (NFPA-70, “Código Eléctrico Nacional”).

Equipo de Protección Personal: Es obligatorio el uso del uniforme de trabajo durante toda la jornada:

Casco; para la protección de la cabeza contra impactos, penetración, shock eléctrico y quemaduras. Lentes de seguridad; para protección frontal, lateral y superior de los ojos.

Ropa de trabajo: Camisola manga larga y pantalón o coverall de algodón 100 % y guantes de cuero. Botas industriales de cuero con casquillo de protección y suela anti - derrapante a prueba de aceite y químicos.

Evite el contacto de la piel con metano en fase líquida ya que se provocarán quemaduras por congelamiento.

Protección Respiratoria: Utilizar líneas de aire comprimido con mascarilla, o aparatos auto contenidos para respiración (SCBA) ya que una mezcla aire + metano es deficiente en oxígeno y asfixiante para respirarlo. La mezcla puede ser explosiva, requiriéndose aquí, precauciones extremas, ya que al encuentra una fuente de ignición, explotará.

## 9. PROPIEDADES FISICAS / QUIMICAS

Fórmula Molecular	Mezcla ( $\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8$ )
Peso Molecular	18.2
Temperatura de Ebullición @ 1 atmósfera	- 160.0 °C
Temperatura de Fusión	- 182.0 °C
Densidad de los Vapores (Aire = 1) @ 15.5 °C	0.61 (Más ligero que el aire)
Densidad del Líquido (Agua = 1) @ 0°/4 °C	0.554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en Agua @ 20 °C	Ligeramente soluble (de 0.1 @ 1.0%)
Apariencia y Color	Gas incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos (por la adición de mercaptanos para detectar su presencia en caso de fugas de acuerdo a Norma Pemex No 07.3.13 <sup>4</sup>

## **10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

Estabilidad Química: Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

Condiciones a Evitar: Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor intenso ya que tiene un gran potencial de inflamabilidad, así como de oxidantes fuertes con los cuales reacciona violentamente (pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, cloro, flúor, heptafluoruro de yodo, tetrafluoroborato de dioxigenil, oxígeno líquido, ClO<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>, OF<sub>2</sub>).

Productos Peligrosos de Descomposición: Los gases o humos que produce su combustión son: bióxido de carbono y monóxido de carbono (gas tóxico).

Peligros de Polimerización: No polimeriza.

## **11. INFORMACION TOXICOLOGICA**

El gas natural es un asfíxiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfíxiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

## **12. INFORMACION ECOLOGICA**

El gas natural es un combustible limpio, los gases producto de la combustión, tienen escasos efectos adversos en la atmósfera. Sin embargo, las fugas de metano están consideradas dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero, causantes del fenómeno de calentamiento global de la atmósfera (con un potencial 21 veces mayor que el CO<sub>2</sub>). El gas natural no contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono. Su combustión es más eficiente y limpia por lo que se considera un combustible ecológico que responde satisfactoriamente a los requerimientos del INE, SEMARNAP y la Secretaría de Energía, así como a la normatividad que entró en vigor a partir de 1998.

## **13. DISPOSICION DE LOS RESIDUOS**

El gas natural no deja residuos.

4 “Requisitos Mínimos de Seguridad para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento e Inspección de Tuberías de Transporte”.

## 14. INFORMACIÓN SOBRE SU TRANSPORTACIÓN

Nombre Comercial	Gas Natural
Identificación *DOT	1971 y 1972 (Organización de Naciones Unidas)
Clasificación de Riesgo *DOT	Clase 2; División 2.1
Leyenda en la etiqueta	<b>GAS INFLAMABLE</b>

\*DOT: (Departamento de Transporte de los Estados Unidos).



1971 = Número asignado por ONU al gas natural.  
1972 = Número para gas natural licuado o refrigerado  
2 = Clasificación de Riesgo de DOT

## 15. REGLAMENTACIONES

Leyes, Reglamentos y Normas: La cantidad de reporte del gas natural es de 500 kg, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

## 16. INFORMACION ADICIONAL

Las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte de gas natural deben diseñarse, fabricarse y construirse de acuerdo a las normas aplicables y mantenerse herméticos para evitar fugas.

El suministro de gas natural, para quemarse en las fuentes fijas, se hace a través de ductos subterráneos de transporte y distribución. Se suministra en diferentes rangos de presión  $n$  (de 4 a 32 kgf/cm<sup>2</sup>) y temperatura (de 8 a 38 °C) a la industria y a las redes de distribución comercial y doméstica, donde se utiliza en:

- Generación de energía eléctrica (termoeléctricas).
- Generación de vapor.
- Calentadores de fuego directo.
- Turbo-maquinaria (turbo-compresores, turbo-bombas, turbo-sopladores).
- Estaciones distribuidoras de gas natural para carburación de motores (tractores agrícolas, automotores, camiones, etc.). Se utilizan dos sistemas: gas natural comprimido (temperatura ambiente y presión máxima de 210 kgf/cm<sup>2</sup>) y gas natural licuado a 6.3 kgf/cm<sup>2</sup> y temperatura de -140°C con tanques termo.
- Usos domésticos y comerciales.
- En la industria petroquímica se utiliza principalmente como materia prima para producir amoníaco, metanol, etileno, polietileno.

Se requiere que el personal que trabaja con gas natural sea entrenado apropiadamente en los procedimientos de manejo y operación, de acuerdo a las normas aplicables. La instalación y mantenimiento de los sistemas y recipientes debe realizarse por personas calificadas y entrenadas.

La información presentada en este documento se considera verdadera a la fecha de emisión. Sin embargo, no existe garantía expresa o implícita respecto a la exactitud y totalidad de conceptos que deben incluirse, o de los resultados obtenidos en el uso de este material. Asimismo, el productor no asume ninguna responsabilidad por daños o lesiones al comprador o terceras personas por el uso indebido de este material, aun cuando se cumplan las indicaciones de seguridad expresadas en este documento, el cual se preparó sobre la base de que el comprador asume los riesgos derivados del mismo.

FECHA DE ELABORACION: Julio del 2000

FECHA DE EDICION: Abril 2013

## ANEXO 2.-

### REGISTRO DE FOTOGRAFÍAS DE EQUIPOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN PARA USO EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, CPE.- INEN 19:2001.- **CÓDIGO DE PRÁCTICA NACIONAL.-CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL.**-Primera edición. Pág.-426.

#### Capítulo 5. Ambientes especiales.

##### Sección 500. Lugares peligrosos

500-5. Precauciones especiales.- Las secciones 500 a 504 exigen que los equipos estén contruidos e instalados de manera que garanticen un funcionamiento seguro en condiciones adecuadas de uso y mantenimiento. La clasificación de área, el alambrado y la selección de equipos deben estar supervisados por un ingeniero especializado en lugares peligrosos. (Clasificados).

##### a) Clasificación por grupos de las atmósferas de clase 1.

**4) Grupo D.** Atmósferas con gases como acetona, amoniaco, benceno, butano, ciclo propano, etanol, gasolina, hexano, metano, gas natural, nafta, propano o gases o vapores de riesgo equivalente.

**d) Rotulado.** Los equipos aprobados se deben rotular con la clase, grupo y temperatura o rango de temperaturas de funcionamiento referenciado para un ambiente a 40°C.

Comunidad Europea, 1994, **Directiva 94/9/CE, "ATEX 95"**. España.

Sobre los equipos y los sistemas de protección.

“Se entiende por equipos, como tal, a las máquinas, aparatos, dispositivos fijos y móviles, componentes de control e instrumentación de los mismos y los sistemas de detección y protección que, de forma separada o conjunta, son diseñados para la generación, transferencia, almacenamiento, medida, control y conversión de energía para el procesamiento de materiales y que sean capaces de causar una explosión a través de sus

## 1.- EQUIPO DEL SISTEMA DE ALARMA CONTRA INCENDIOS.

Corneta auditiva, sistema de protección contra incendio que está instalado en un área Clasificada o atmósfera explosiva; tiene la marcación que obliga la norma:

Ex II GD:  
T 100°C (-20°C Tamb+55°C).

Metano 595 (650) T1 II A



## 2.- MEDIDOR DE GASES, TURBINA.

Sistema de detección de gases, que mide el grado de explosividad de un gas (LEL = Low Explosion limit), que está instalado dentro de la casa de turbinas; y tiene la marcación de la norma:

CE0539Ex II 2 G:  
T3 (Tamb-40°C To +76°C).



### 3.-CONECTORES ELÉCTRICOS.

Conectores eléctricos usados en atmósferas explosivas y marcadas según la norma.

- a.- CE 9435 EX II 2GD:
- b.- CE EX II G. T6.





#### 4.-CAJAS DE CONEXIÓN ELÉCTRICA.

Cajas de conexión eléctrica que son utilizadas en atmósferas explosivas y marcados según la norma.

- a.-Uso en atmósferas explosivas (USA).
- b.- CE 0575 EX II2 GD. T6 IP65 T85°C.



## 5.-ACTUADORES ELÉCTRICOS.

Actuadores de diferente uso con energía eléctrica que son utilizados en atmósferas explosivas y marcados según la norma.

- a.- CLASS I DIV1 GROUPS CD T3C (USA).
- b.- CE 0539 EX II2C T5.



## 6.-CONTROLES.

Controles utilizados en la generación de energía eléctrica a base de gas natural o donde se puede producir atmósferas explosivas, a estos llegan las señales que se producen en el control de los diferentes procesos para poder monitorear las diferentes fases del proceso y marcados según la norma.

- a.-MODULO DE DETECCION DE ESCAPE DE GAS % LEL, Y ALARMAS.
- b.- PANEL DE TRANDUCTORES Y CAJAS DE CONEXIÓN.

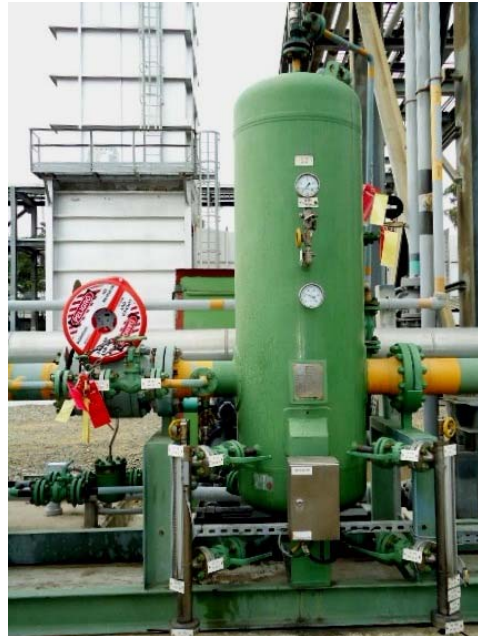


## 7.- PROGRAMA DE TARJETA Y CANDADO.

El propósito es establecer procedimientos seguros y uniformes que contribuyan a prevenir lesiones o daños como consecuencia de la activación inesperada o puesta en marcha de equipos, el contacto directo con fuentes de energía o la liberación de agentes peligrosos.

Asimismo, la política se aplica a diversas fuentes de energía tales como eléctricas, mecánicas, hidráulicas, neumáticas, químicas, radioactivas, térmicas, aire comprimido, energía almacenada en resortes y energía potencial de piezas suspendidas (gravedad). Es válida también para los dispositivos aislantes de energía tales como cortacircuitos eléctricos, desconectores, bloques de sujeción, compuertas deslizantes, válvulas de línea y cualquier tipo de dispositivo que, de ser accionado, pudiera lesionar a quienes trabajan con el equipo o en sus cercanías. Por último, esta política abarca a todo el personal, así como a los contratistas, representantes del servicio, etc. Todo personal afectado y autorizado cumplirá con las disposiciones del programa de cierre con candado y etiquetaje.

29 CFR 1910.147 Control de Energía Peligrosa (Sistema de bloqueo o señalización)





## 8.-EQUIPOS DE COMPROBACION.

Equipo de comprobación de vibraciones que son utilizados en operación y en atmósferas explosivas y marcados según la norma.

a.-CE 0044 Ex II G T4-10°C<Ta<50°C.



ANEXO 3.-

**PLANOS DE DESIGNACION DE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS Y FLUJO DE  
COMBUSTIBLE.**

**No. 1. G.E. Documentación General. (Lyout).**



**No. 2. Diagrama de flujo de combustible. (Diagram P&D).**





**No. 3. Vista general del proyecto. (W.G. General Arrangement Power Island)**



#### **No. 4. Documentación General. (General Documentation).**

