



Curso de Formación Especializada en Biogás para Profesionales

Módulo 8
Seguridad

Introducción y objetivo

Para el diseño seguro a costos óptimos y operación segura, resulta fundamental contar con aspectos de seguridad en base a los conocimientos específicos de cada planta, normativas y legislaciones aplicables.

Para ello, se presentan ciertos criterios y nomenclatura en relación a las zonas de riesgo y peligrosidad existente con el objetivo de prevenirlas o mitigarlas. Con ello, se busca proporcionar a la industria e instaladores de biogás herramientas prácticas para proteger a los trabajadores y al medio ambiente.

Definiciones

Biogás: Producto gaseoso de la digestión anaeróbica que comprende fundamentalmente metano y dióxido de carbono, pero que, dependiendo del sustrato, puede contener también amoníaco, sulfuro de hidrógeno, vapor de agua y otros constituyentes gaseosos o vaporizables.

- ▶ Su densidad puede variar en función de su composición, contenido de humedad y temperatura. El biogás puede ser ligeramente más pesado o más ligero que el aire y no se separa completamente por acción de la fuerza de la gravedad. Esta propiedad se debe tener en cuenta a la hora de determinar medidas de protección.
- ▶ Esencialmente, el biogás se compone de metano (50 - 75 % por volumen), dióxido de carbono (20 al 50 % v/v), sulfuro de hidrógeno (0,01 al 0,4 % v/v) y trazas de amoníaco, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono.



Definiciones

Metano (CH_4): Gas incoloro, inodoro y no tóxico. Los productos de su combustión son dióxido de carbono y agua. El metano es uno de los gases de efecto invernadero más importantes, con un potencial de calentamiento global 21 veces superior al dióxido de carbono y principal constituyente del gas natural, incluyendo al biogás. Por ello, su combustión es fundamental en términos medioambientales.

Dióxido de carbono (CO_2): Gas incoloro, no combustible, con un olor ligeramente ácido, no tóxico, más pesado que el aire. En concentraciones altas, pueden afectar la función respiratoria y provocar excitación seguida por depresión del sistema nervioso central.

Además, es capaz de desplazar oxígeno en el aire, resultando en concentraciones de oxígeno, combinando con la deficiencia de oxígeno con su toxicidad.

Las concentraciones de dióxido de carbono entre un 4-5 % en el aire provocan un efecto de adormecimiento, mientras que concentraciones por encima del 8 % pueden causar muerte por asfixia.

Definiciones

Sulfuro de hidrógeno (H_2S): Gas incoloro, inflamable y altamente tóxico en el biogás, si este no es desulfurado. Su olor similar a los huevos podridos y puede constituir una amenaza para la vida, incluso en bajas concentraciones. Bastan 15-75 partes por millón (ppm) en el aire para causar un malestar agudo que conlleva a la asfixia y a muerte por sobre exposición.

Concentración de H_2S en el aire	Efecto
0,03 – 0,15 ppm	Umbral de la percepción (olor a huevos podridos)
15 – 75 ppm	Irritación de ojos y vías respiratorias, malestar general, vómitos, dolores de cabeza, pérdida de conciencia.
150 – 300 ppm (0,015 – 0,03 %)	Parálisis de los nervios olfativos
> 375 ppm (0,038 %)	Muerte por envenenamiento (después de varias horas)
> 750 ppm (0,075 %)	Pérdida de conciencia y muerte por paro respiratorio dentro de 30 a 60 minutos
Desde 1000 ppm (0,1 %)	Muerte rápida a través de la parálisis respiratoria en pocos minutos

Definiciones

Peligro: Fuente, situación o acto con potencial para causar daño en término de daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de estos (OHSAS 18.000).

Riesgo: Combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición (OHSAS 18.000).

Evaluación de Riesgos: Proceso en el cual se determina el riesgo o riesgos que surgen de uno o varios peligros, tomando en cuenta los controles apropiados existentes y la decisión sobre si el riesgo o riesgos son o no aceptables (OHSAS 18.000).

Mitigación de Riesgos: Toma de medidas de reducción o eliminación del riesgo, adoptadas en forma anticipada a la manifestación de un fenómeno físico con el fin de:

- a) Evitar que se presente un fenómeno peligroso, reducir su peligrosidad o evitar la exposición de los elementos ante el mismo.
- b) Disminuir sus efectos sobre el trabajador, las instalaciones, los bienes y servicios, reduciendo la vulnerabilidad que exhiben. La mitigación es el resultado de la decisión a nivel político de un nivel de riesgo aceptable obtenido en un análisis extensivo del mismo y bajo el criterio de que dicho riesgo no es posible reducirlo totalmente.

Definiciones

Seguridad: Condición en que se mitiga el riesgo de sufrir o causar un daño a las personas o a las cosas.

Manual de seguridad (MS): Documento que contiene las instrucciones y procedimientos de seguridad que deben emplearse tanto en la operación, como en el término definitivo de operaciones de una planta de biogás.

Sistema de Gestión de Seguridad y Riesgos (SGSR): Conjunto de actividades sistemáticas, debidamente formalizadas y documentadas, destinadas a controlar los riesgos de accidentes y daños a las personas o a las cosas, que una organización se propone cumplir en un periodo determinado.

Propiedades del Biogás: Hoja de datos y de Seguridad del Productor

	Biogás (60 % CH ₄)	Gas natural	Propano	Metano	Hidrógeno
Poder calorífico (kWh/m ³)	6	10	26	10	3
Densidad (kg/m ³)	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Densidad con respecto al aire	0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Temperatura de ignición (°C)	700	650	470	595	585
Velocidad máx. propagación llama en aire (m/s)	0,25	0,39	0,42	0,47	0,43
Rango de explosividad (% v/v)	6 - 22	4,4 - 15	1,7- 10,9	4,4 - 16,5	4 - 77
Consumo de aire teórico (m ³ /m ³)	5,7	9,5	23,9	9,5	2,4

Tabla 1: Comparativa entre las propiedades del biogás con otros gases comunes



Ejemplo de Hoja de Seguridad del productor de biogás

HOJA DE SEGURIDAD BIOGAS			
1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA. Nombre del Producto: Biogás. Familia Química : Gases Orgánicos. Fórmula : Mezcla. Uso : El biogás se utiliza como combustible en generadores eléctricos para poder producir energía eléctrica. Además, se utiliza en calderas para producir energía térmica. Empresa Productora : Biogás Ltda. Planta Producción Biogás RM Información Técnica : Departamento de Ingeniería			
2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES			
COMPONENTE	% EN LA MEZCLA	NÚMERO CAS	COMENTARIOS
Metano (CH ₄)	55 – 70	74-82-8	- Altamente explosivo. - De baja densidad, por lo que tiende a ocupar los espacios superiores en condiciones de confinamiento. - TLV: Asfixiante simple.
Dióxido de Carbono (CO ₂)	25 – 35	124-38-9	- Asfixiante. - De alta densidad, por lo que tiende a ocupar los espacios a ras de suelo en condiciones de confinamiento.
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	0,1 – 0,3	7783-06-4	- Altamente tóxico. - Tiende a concentrarse en zonas bajas de espacios confinados. - No perceptible a altas concentraciones.
3. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS. INHALACIÓN Mover a la víctima a un lugar bien ventilado y evaluar los signos vitales. - Víctima sin pulso: Proporcionar rehabilitación cardio-pulmonar - Víctima no respira: Suministrar respiración artificial - Víctima consciente: Sentarlo y mantenerlo en reposo Dar aviso a unidad de emergencia.			

4. MEDIDAS CONTRA EL FUEGO a) Datos Técnicos. - Punto de Inflamación: - 188 °C (- 306 °F) - Temperatura de Autoignición: 600 a 750 °C (1.112 a 1.382 °F) - Límites de Inflamabilidad (aire/biogás): 6 – 16 % b) Riesgo General. Gas altamente inflamable: Potencial de explosión en presencia de chispas eléctricas, flamas y cigarrillos en presencia de atmósferas enriquecidas de oxígeno. En caso de incendio, puede producir gases tóxicos, incluyendo monóxido y dióxido de carbono. c) Medios de Extinción. - Rocío de agua - Polvo químico seco - Dióxido de carbono. d) Instrucciones para combatir incendios. - Fuego ✓ No extinga una fuga de gas a menos que la fuga pueda ser detenida. - Amago de Incendios. ✓ Polvo Químico Seco o CO₂ e) Equipos Contra Incendios. Los socorristas o personal de Brigadas de Emergencia, deben contar con, como mínimo, con un Equipo de Respiración Autónomo (E.R.A.).	5. MEDIDAS PARA CONTROLAR FUGAS - En caso de una fuga, despejar el área afectada, al menos 1 Km a la redonda, proteger al personal y activar Brigadas de Emergencia. - Dar cuenta a Unidad de Emergencia local. - Controlar la fuga, con especial atención a límites de inflamabilidad. Actuar con E.R.A. 6. MANEJO Y ALMACENAMIENTO - El manejo de las líneas de biogás se debe realizar por personal debidamente entrenado con los equipos de protección personal adecuados. - No almacenar. - El único almacenamiento permitido es el diseñado para tal efecto: Gasómetros de doble membrana. 7. CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL - Para el tránsito en las zonas de presencia de biogás, se debe contar con una mascarilla de medio rostro con filtros para gases orgánicos, además de un sensor portátil de sulfuro de hidrógeno (H₂S), con alarmas sonoras y vibrantes de alto nivel (8 ppm) y alto-alto nivel (15 ppm). Según Decreto Nº 594. - En cada unidad donde exista presencia de biogás, se debe contar con E.R.A. al alcance. - En el caso de intervenciones en cualquiera de las líneas de biogás, se debe inertizar la atmósfera, preferentemente con nitrógeno (N₂). 8. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS Densidad de gas a 15 °C (59 °F), 1 atm. (760mm.Hg.)
---	---



Explosividad

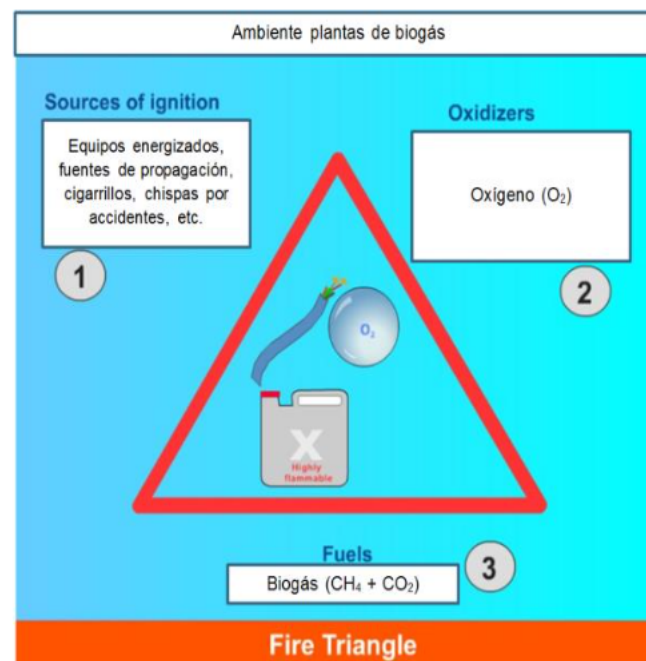
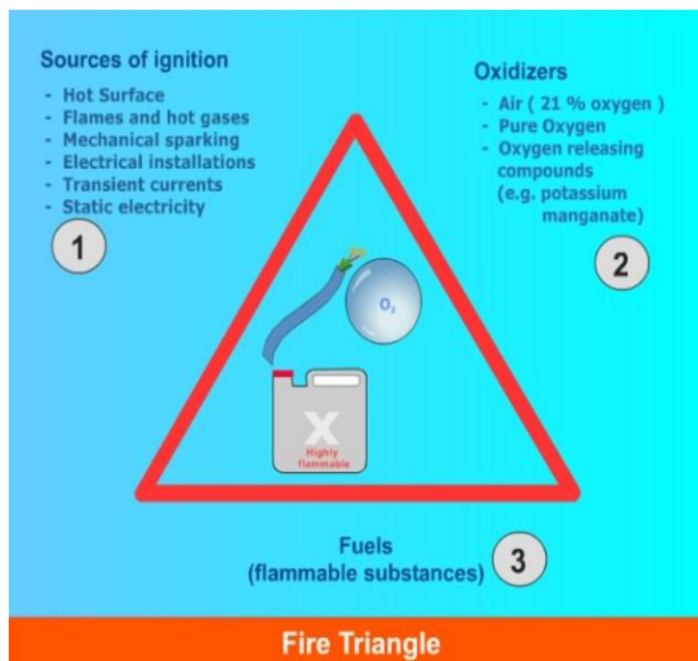
Explosión: Reacción química repentina de una sustancia inflamable con oxígeno, liberando grandes cantidades de energía. Al liberar energía, se produce una expansión repentina del volumen de gases. Esto puede ser ocasionado, por ejemplo, por una atmósfera explosiva.

Las sustancias inflamables pueden estar presentes en forma de gases, vapores, nieblas o polvos.

Una explosión es factible solo si concurren tres factores simultáneamente:

1. Sustancia inflamable (que origina una explosión por su distribución y concentración).
2. Presencia de oxígeno (procedente del aire).
3. Fuente de ignición.

Explosividad



1. Presente en grandes cantidades, en almacenes o en el transporte.
2. Presente en el aire.
3. Principal foco de atención: En caso de no poder ser prevenida, se deben tomar las medidas para que la zona en caso de fuego o explosión sea la menor posible.

Explosividad

La identificación de los posibles puntos de ignición contempla la evaluación de la naturaleza de la fuente. Esto es, fuentes fijas y móviles.

La primera contempla aparatos y equipos fijos situados en zonas de riesgo, mientras que la segunda corresponde a aparatos y equipos que pueden introducirse a las áreas de riesgo en razón de las actividades a realizar (equipos portátiles o medios de mantenimiento y transporte).

Se evalúa especialmente las actividades que se realizan en las áreas de riesgo y los equipos que en estas intervienen, incluso el uso de herramientas manuales.

La norma EN1127-1 define 13 fuentes de ignición capaces de iniciar una atmosfera explosiva:

Explosividad

1. Superficies calientes



2. Llamas y gases calientes (incluyendo partículas calientes)



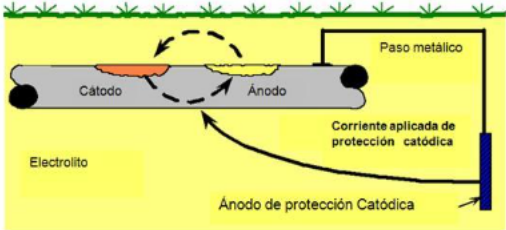
3. Chispas de origen mecánico



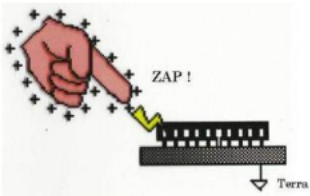
4. Chispas de origen eléctrico



5. Corrientes eléctricas parásitas-protección contra la corrosión catódica



6. Electricidad estática

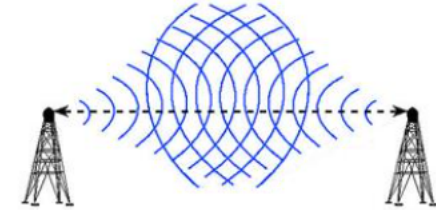


7. Rayos



Explosividad

8. Ondas electromagnéticas de radiofrecuencias (10 kHz-300 MHz) y microondas (300 MHz -300 GHz)



9. Radiación óptica (IR, visible y UV), incluyendo la radiación láser



10. Radiación ionizante



11. Ultrasonidos



12. Compresión adiabática, ondas de choque y gases circulantes



13. Reacciones químicas exotérmicas (incluyendo la auto ignición de polvos)



Explosividad

Dependiendo de las circunstancias, en las plantas de biogás se pueden producir dos tipos de explosión:

Detonación: Combustión rápida, supersónica que implica la existencia de una onda expansiva y una zona de reacción detrás de ella que se produce en el límite de explosividad.

Deflagración: Combustión subsónica en la cual la velocidad de propagación del frente de reacción es inferior a la velocidad del sonido en el correspondiente medio y las columnas de gas de la combustión fluyen en dirección contraria a la propagación.

La presión generada en una deflagración es menor que en el caso de una detonación, pero es suficiente para destrozar los cristales de las ventanas, por ejemplo. Con frecuencia, las lesiones del personal se limitan a magulladuras, quemaduras y cortes. La presión resultante en una detonación es suficiente para dañar o destruir edificios completamente. Las personas pueden sufrir lesiones graves o incluso mortales.

Video

Video

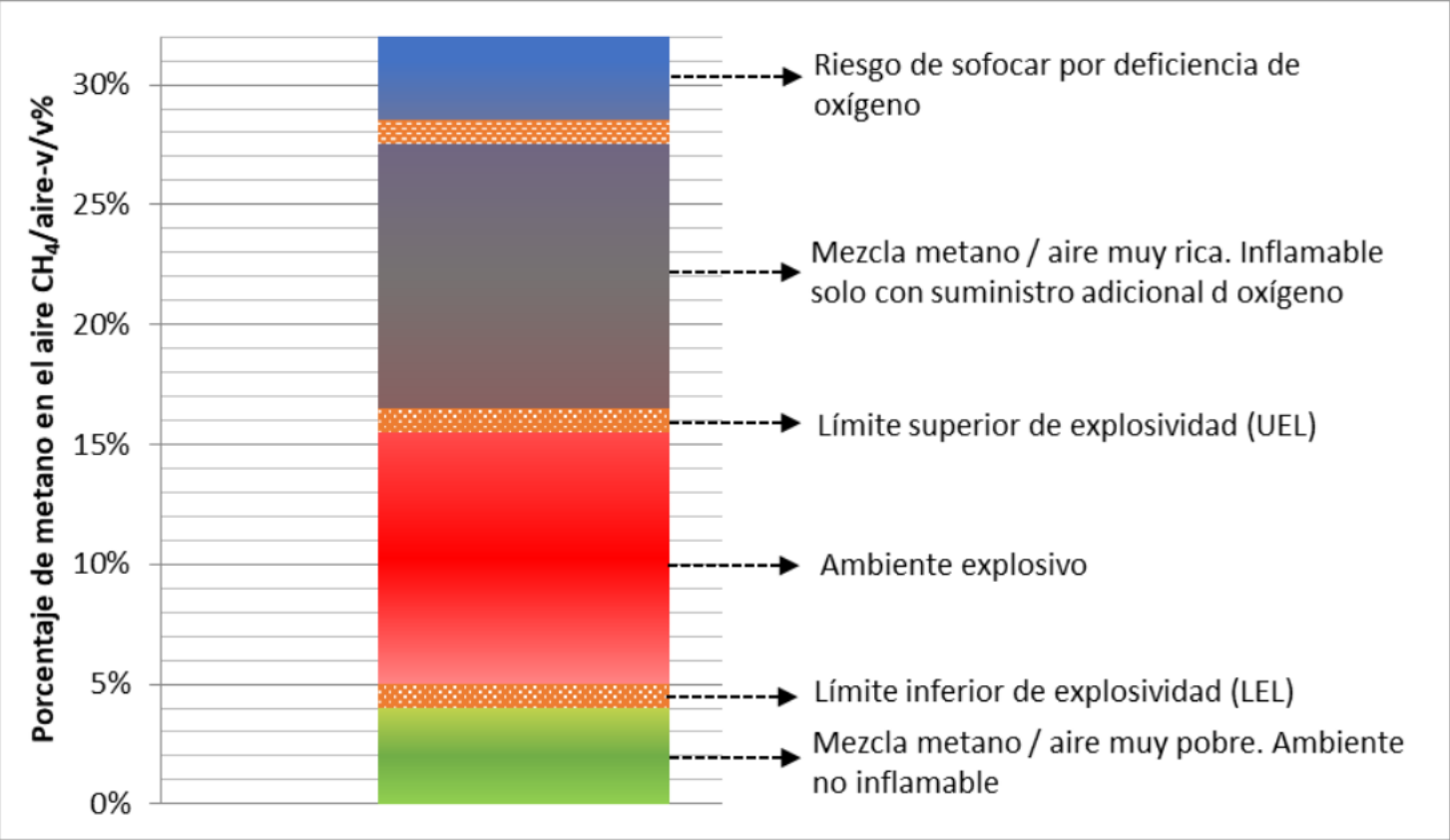


Límites de explosividad

Límite inferior de explosividad: Para la formación de una mezcla explosiva, el combustible debe tener una suficiente concentración en el aire atmosférico. La mínima concentración requerida para iniciar un fuego o explosión es conocida como límite inferior de explosividad (LEL). Normalmente corresponde a un porcentaje en volumen de combustible en el aire, de esta manera, si la concentración del combustible es menor al LEL no será explosivo o inflamable.

Límite superior de explosividad: De forma similar, si la concentración de gas es demasiado rica en el aire atmosférico, no habrá ignición por falta de oxígeno que sostenga el fuego o una explosión. Sobre este límite de concentración no será una condición peligrosa y es conocido como límite superior de explosividad (UEL).

Límites de explosividad



Análisis de Riesgos y Seguridad

El análisis de riesgo, también conocido como evaluación de riesgos o PHA (Process Hazards Analysis), es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados, junto con los daños y consecuencias que éstas puedan producir.

Los tipos de análisis de riesgos son generalmente clasificados en dos tipos:

Cualitativo: Puede incluir elementos cuantitativos, pero generalmente se basan en la opinión de expertos. Dicha opinión podrá ser cuantificada gracias a respuestas a las que se asigna una puntuación. Generalmente, la graduación se estima como riesgo alto, medio o bajo, aunque en ocasiones se corresponden con un número. El resultado del análisis de riesgo tendrá mayor fiabilidad cuando puedan ser comparadas las respuestas de muchos análisis similares.

Cuantitativos: También descritos como Argumentos probabilísticos, intentan calcular la probabilidad de que un suceso tenga lugar y el costo en términos de Seguridad, económicos o medioambientales del impacto resultante. No obstante, la evaluación de estos riesgos contiene numerosas incertidumbres, por lo que el riesgo puede ser muy difícil de cuantificar. Por ello, los análisis de riesgo puramente cuantitativos son generalmente llevados a cabo.



Análisis de Riesgos y Seguridad

En términos generales, riesgo es la valoración de la relación entre la posibilidad de que se produzca un suceso no deseado y su potencial gravedad en un periodo de tiempo específico. Un factor de riesgo sería aquella característica que puede hacer incrementar la posibilidad de que se produzca el daño o de que las consecuencias adversas derivadas tengan mayor gravedad.

El proceso de varias etapas comprende:

- ▶ Identificación/caracterización de un peligro o factor de riesgo.
- ▶ Evaluación de la probabilidad de la presencia.
- ▶ Evaluación de los impactos asociados con ese peligro.
- ▶ Evaluación de las medidas de mitigación (manejo de riesgo) y la comunicación de los riesgos.

Herramienta de análisis y evaluación de peligros

Una herramienta generalmente utilizada en la prevención de riesgo en la industria que permite llevar a cabo este análisis es **la matriz de riesgos** (véase la Tabla siguiente), en la cual se muestran, en forma de tabla, las probabilidades de que ocurra un evento no deseado (el riesgo) en relación con las consecuencias de ese evento. La probabilidad de que un evento ocurra o surta efecto es categorizada en infrecuente, improbable, posible, probable y casi seguro.

Las categorías se “*estiman razonablemente*” o se verifican estadísticamente en el curso de la evaluación de riesgos. Las categorías correspondientes a la gravedad de las consecuencias son las siguientes:

- ✓ Lesiones o enfermedades de poca gravedad, por ejemplo, magulladuras.
- ✓ Lesiones o enfermedades de gravedad moderada, por ejemplo, fracturas óseas simples.
- ✓ Lesiones o enfermedades graves, por ejemplo, paraplejia.
- ✓ Posible fallecimiento, desastre, por ejemplo, lesiones graves a numerosas personas.

la matriz de riesgos

Análisis de riesgos			Consecuencias potenciales				
			Lesiones de poca gravedad o malestar. Sin tratamiento médico o consecuencias físicas mensurables	Lesiones o enfermedad que requieren tratamiento médico. Incapacidad temporal	Lesiones o enfermedad que requieren hospitalización	Lesión o enfermedad que causan incapacidad permanente	Fallecimiento
			No significativas	De poca importancia	Moderadas	De gran importancia	Graves
Probabilidad	Se espera que ocurra regularmente bajo circunstancias normales	Casi seguro	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
	Se espera que ocurra en algún punto	Probable	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta
	Puede ocurrir en algún punto	Posible	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta
	No es probable que ocurra en circunstancias normales	Improbable	Baja	Baja	Media	Media	Alta
	Puede ocurrir, pero probablemente nunca sucederá	Infrecuente	Baja	Baja	Baja	Baja	Media

Medidas para la evaluación

Medidas en las diferentes fases de la evaluación del peligro



Medidas para la evaluación

Medidas de protección de acuerdo con el principio TOP



Evaluación de peligros en situaciones particulares

Evaluación de tareas y peligros en la partida de una planta de biogás

Resulta siempre recomendable elaborar un plan de arranque antes de iniciar la puesta en marcha y seguirlo estrictamente durante todo el proceso.

1. Antes de proceder por primera vez al llenado del digestor, deben haberse completado todos los trabajos previos relacionados con el mismo. Esto es, las certificaciones, pruebas y recepciones de conformidad de sistemas, incluidas las tuberías correspondientes, con el fin de prevenir potenciales daños o lesiones.
2. Pesar el sustrato correctamente con el fin de conocer la carga precisa de la planta. Esto resulta sumamente importante tanto para el proceso de arranque como para el control continuo del proceso. Además, el análisis químico regular del sustrato y, en particular, de la mezcla de la digestión, constituye un control eficaz para un proceso de arranque rápido.
3. Si la tasa de carga orgánica aumenta demasiado rápido durante la fase de establecimiento de la biología de digestión, el proceso puede sobrecargarse rápidamente y, en última instancia, prolongar la duración del proceso de arranque.
4. Si los tanques no están llenos completamente, se puede producir una fuga incontrolada de biogás. Por lo tanto, durante el llenado es importante prestar atención a que el nivel de llenado sea el suficiente para garantizar que el equipo de alimentación de sustrato esté completamente sumergido en la fase líquida. Asimismo, cabe señalar que, durante el arranque de la planta, estará temporalmente presente una mezcla de gas explosiva debido al incremento en la proporción de metano en el biogás (con una fracción de entre 6-22 % v/v de biogás en el aire).



Evaluación de peligros en situaciones particulares

Mantenimiento

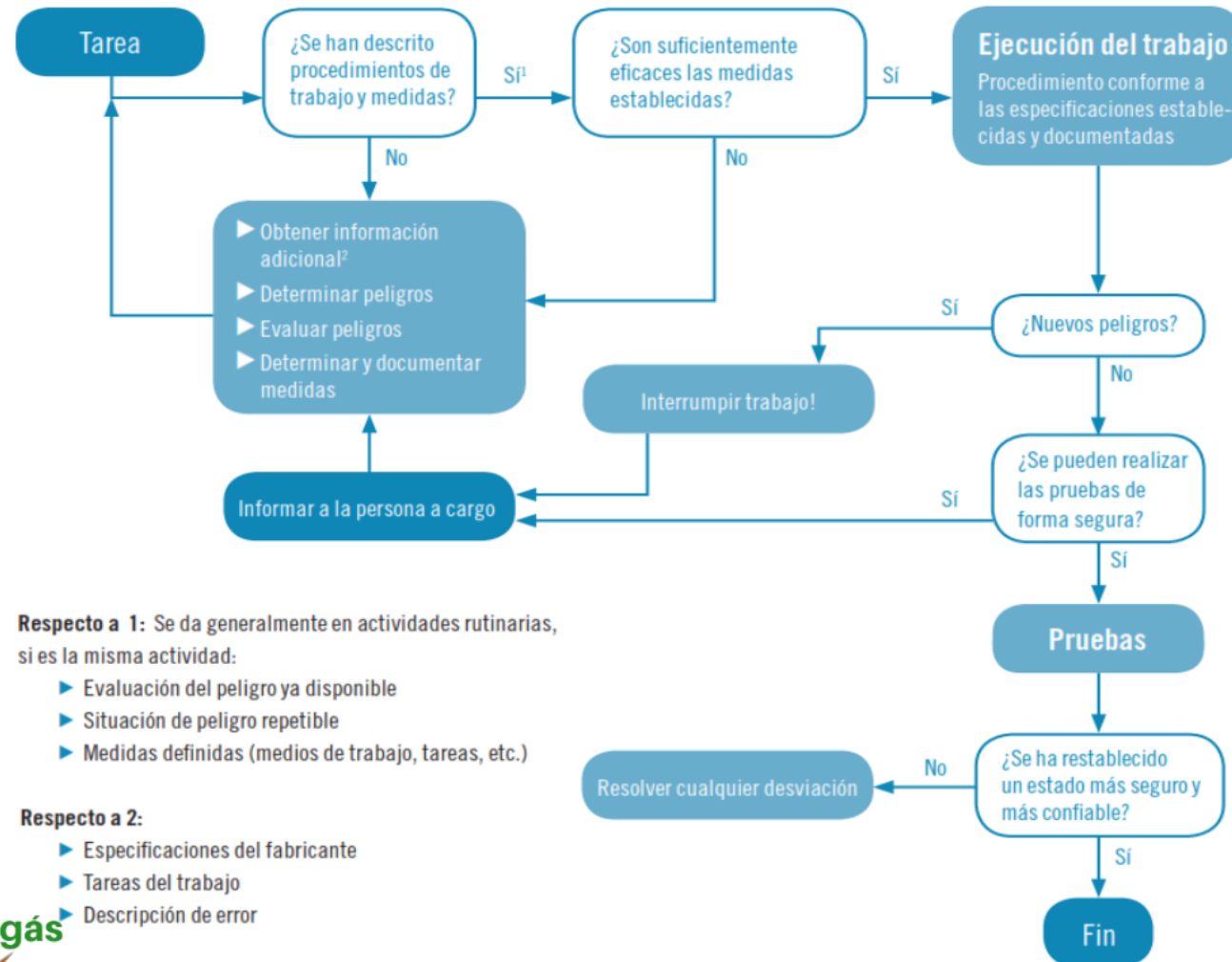
Solo debería permitirse mantener y reparar las plantas de biogás a aquellas personas que cuenten con los conocimientos especializados y la experiencia necesaria para llevar a cabo las labores pertinentes de forma confiable. Entre las medidas de protección adecuadas se incluyen:

- ☐ Establecer y marcar o acordonar las áreas en las que cabe esperar que exista riesgo de incendio/explosión o un peligro para la salud.
- ☐ Apagar los sistemas eléctricos y otros sistemas no protegidos frente a explosión.
- ☐ Retirar el biogás de los componentes de la planta.
- ☐ Seleccionar los equipos y las herramientas adecuadas a prueba de explosiones.
- ☐ Medir la distancia de separación, es decir, determinar la concentración de materiales peligrosos o el contenido de oxígeno utilizando técnicas de medición adecuadas en una determinada área. El propósito de esta medida es determinar que la atmósfera circundante sea segura para los empleados y adoptar medidas de protección adicionales si es necesario.
- ☐ Usar equipo de protección personal adecuado.
- ☐ Asegurar una ventilación adecuada.
- ☐ Nombrar a un supervisor.



Evaluación de peligros en situaciones particulares

Diagrama de flujo para mantenimiento y puesta a prueba (TRBS 1112-1, 2010)



Evaluación de peligros en situaciones particulares

Evaluación de tareas y peligros en el cierre o clausura de una planta de biogás

La retirada del servicio de una planta de biogás es un estado operativo especial que requiere medidas particulares. Las áreas explosivas (zonas EX) tienen en cuenta este estado operativo solamente hasta cierta etapa del proceso. Por consiguiente, estos peligros específicos se consideran por separado en un conjunto de instrucciones de trabajo.

- ✓ El proceso de carga del sustrato en los digestores se detiene, mientras que la retirada del servicio sigue en curso.
- ✓ La cantidad de sustrato retirado no debe exceder el volumen de gas generado a fin de prevenir la formación de una atmósfera explosiva peligrosa.
- ✓ En caso de que la cantidad de sustrato retirado supere el volumen de gas generado, el tanque de digestión se desconectará del sistema de recogida de gas, provocando una conexión con la atmósfera, por ejemplo, al vaciar el sello líquido de la válvula o unidad de sobrepresión y subpresión. En ese momento, se puede formar una atmósfera explosiva peligrosa en el digestor como resultado de la entrada de aire.



Evaluación de peligros en situaciones particulares

- ✓ Deben evitarse las fuentes de ignición.
- ✓ Debe desconectarse el digestor del sistema de recogida de gas para prevenir un flujo de retorno del gas.
- ✓ Se puede formar una atmósfera explosiva peligrosa en torno a las boquillas de salida. Deben evitarse las fuentes de ignición.
- ✓ Antes de entrar en el digestor y durante el tiempo de permanencia dentro del mismo, se debe garantizar que se ha prevenido de forma segura todo riesgo de asfixia, intoxicación, fuego o explosión mediante una ventilación adecuada y que se dispone de aire suficiente para respirar.
- ✓ Todo equipo operativo, como por ejemplo bombas o agitadores, debe haberse asegurado contra el riesgo de que pueda ser conectado.

Clasificación ATEX

ATEX: Atmosfera Explosiva

La clasificación de las zonas peligrosas y materiales presentes se debe a que los equipamientos eléctricos como motores o lámparas para uso general no pueden ser usados en estas áreas sin tener algún tipo de protección contra una ignición accidental.

De igual manera, el uso de equipos electrónicos de uso general como transmisores de presión o indicadores locales está prohibido debido a que todo equipo eléctrico puede producir energía en forma de chispas, las cuales pueden hacer ignición del biogás y/o causar explosiones, causando daños catastróficos. Para ello, en zonas peligrosas se utilizan equipos eléctricos e instrumentación para uso especial con protección contra explosiones.

Clasificación ATEX

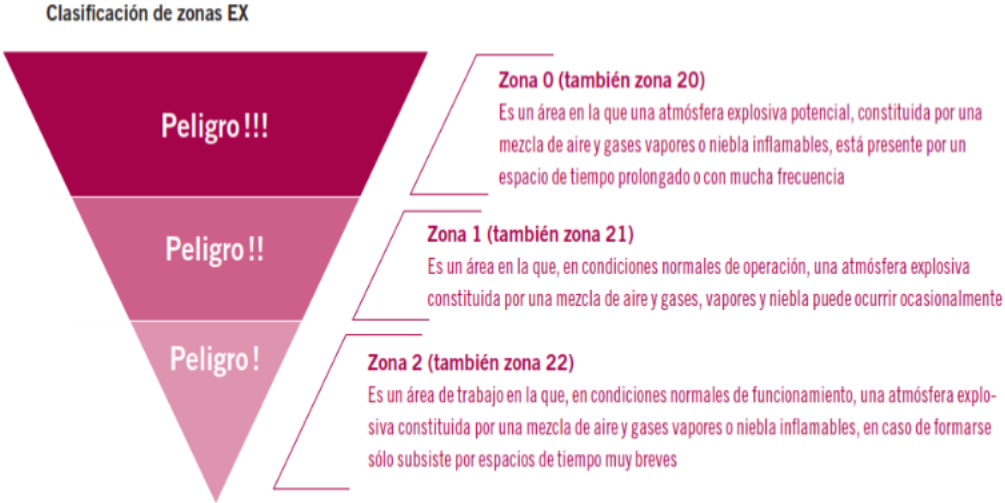
Resulta importante tener en cuenta las siguientes observaciones:

- ▶ La mera presencia de un material inflamable en un área, no implica necesariamente un riesgo de explosión alto. El material inflamable tiene que ser parte de una mezcla con aire, la cual puede entonces ser fácilmente inflamable o generara una explosión con una ignición, si se dan las condiciones favorables para ello. Como las condiciones para una explosión no son uniformes en una instalación donde se maneja un combustible, se genera el concepto de clasificación de zonas.
- ▶ La clasificación de zonas de peligro es realizada para áreas de la planta que podría tener instancias de mezclas inflamables de gases, vapores y polvo en la operación diaria y normal. Bajo condiciones catastróficas inusuales como una fuga de biogás masiva, no es aplicable el concepto de zonificación.
- ▶ Bajo operación usual diaria de una instalación de biogás, hay algunas zonas en las cuales hay presencia de mezcla de biogás inflamable en algún momento. Por lo tanto, el biogás en un gasómetro, el área alrededor del sello mecánico de la membrana, el sello de una válvula de alivio o el sello de un agitador, son todas zonas peligrosas que necesitan ser clasificadas.
- ▶ Las zonas de riesgo de explosión o fuego son clasificadas como improbables, más probables o menos probables . Las improbables tienen riesgo de explosión o fuego en raras circunstancias. Por ejemplo, la explosión del edificio de control, localizado a cientos de metros de la planta de procesamiento de biogás, tiene una muy baja probabilidad de que ocurra una explosión.
- ▶ La clasificación de zonas ATEX entrega un perfil de riesgo de explosión, segrega las zonas donde la probabilidad de una explosión es mayor y zonas donde la probabilidad es menor o improbable. En ningún caso predice si una explosión tomará o no tomará lugar en esa área. La clasificación es una herramienta para mitigar el riesgo de explosión en tales zonas.

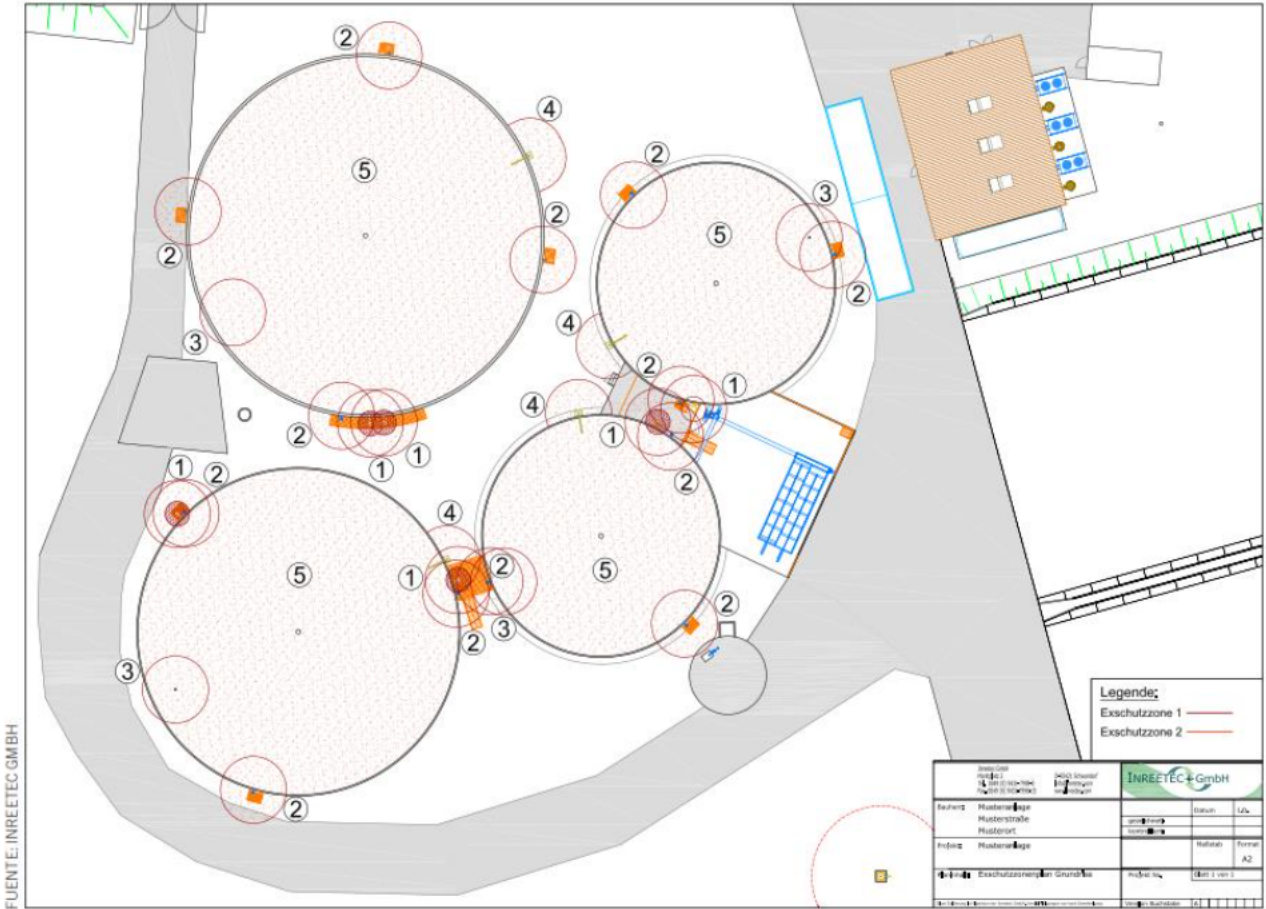
De esta manera la clasificación de zonas ATEX es una herramienta de gestión de riesgo.



Clasificación ATEX



Ejemplo de un plano de zonas EX para una planta de biogás (rojo = zona 1, naranja = zona 2)



Normativa

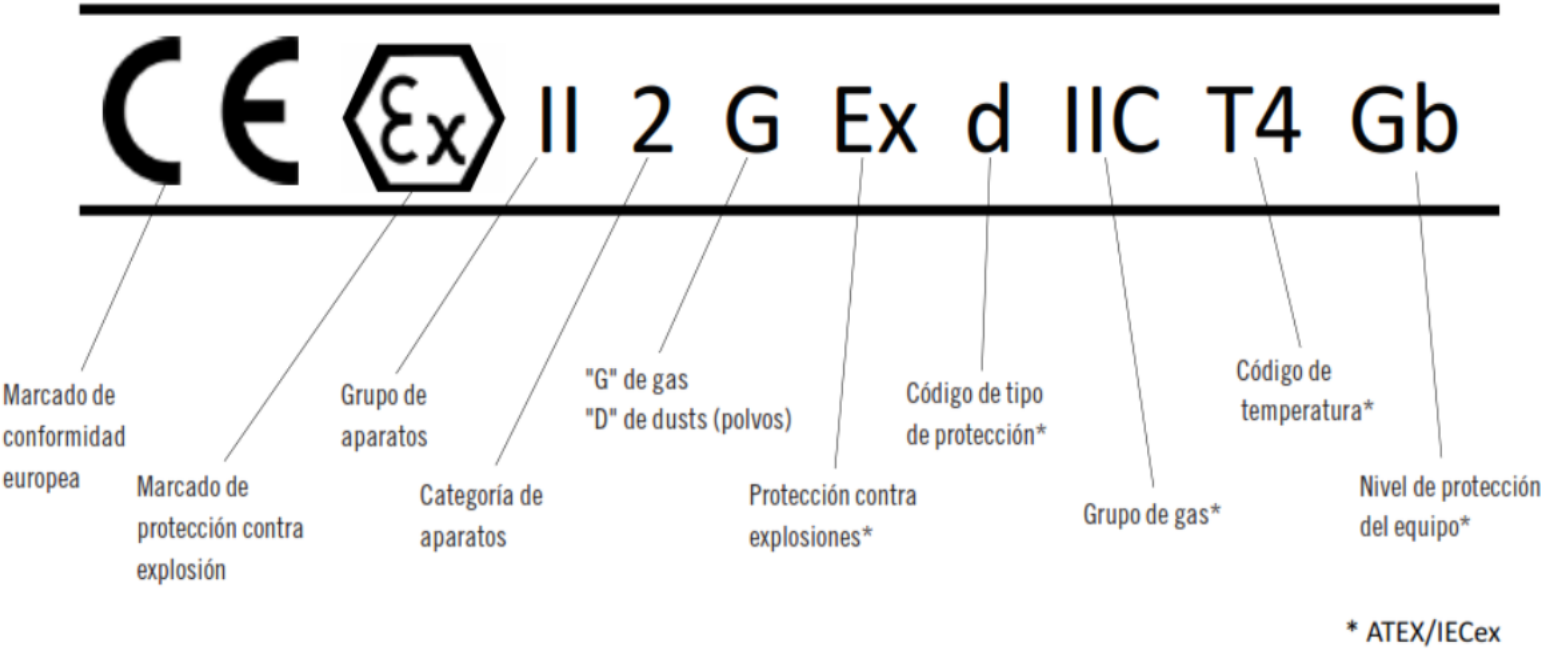
- ▶ La zonas peligrosas en plantas de biogás y equipos, materiales eléctricos y mecánicos son clasificados de acuerdo a estándares internacionales. En particular, este manual hace referencia a **Estándares Norteamericanos** y **Estándares Europeos**.
- ▶ El Sistema de estandarización **americano** de clasificación y marcado de equipos realiza la clasificación por: **Clase, Grupo y División**. Este sistema de estandarización es seguido mayoritariamente en todo el continente americano y es tomado en el Código Nacional Eléctrico (NEC) de Norteamérica.
- ▶ El estándar **europeo** para la clasificación sigue el sistema de **Zona y Grupo**. El ente de estandarización que prevalece en Europa corresponde a **CENELEC**, el cual además es pionero en el establecimiento de normas relacionadas con la clasificación de áreas peligrosas, protección contra explosiones, etc.
- ▶ Por otro lado, el IEC (International Electrotechnical Commission) corresponde a un ente global que ha adoptado las normas establecidas para áreas peligrosas de la CENELEC y que integra a la mayoría de los países a nivel global.

Clasificación de Zonas según IEC y comparación con el sistema Americano

Condición	Tiempo de exposición	Zona IEC	Sistema Americano	Grado de Peligro
Un área en la cual están presente mezcla de gas-aire atmosférico continuamente o por largos periodos de tiempo	> 1000 horas por año	Zona 0	División 1	Alto
Un área en la cual están presente mezcla de gas-aire atmosférico intermitentemente	10 a 1.000 horas por año	Zona 1		Medio
Un área en la cual están presente mezcla de gas-aire atmosférico raramente o por periodos cortos	< 10 horas por año	Zona 2	División 2	Bajo

Marcado de Equipos IEC

Descripción de una etiqueta ATEX



Mercado de Equipos

- Guías de mercado para la selección de equipos.



Expert Guide to Hazardous Locations



FM Approvals™

An FM Global Enterprise

Ex Marking

IEC

Explosion Protected
L.S. Output
Gas Group
Ex d (ia) IIC T5

Type of Protection Group Temperature Class

U.S. (NEC®505)

Permitted Class
Class I, Zone 1, AEx d (ia) IIC T5

Permitted Zone Explosion Protection L.S. Output Gas Group Temperature Class

U.S. (NEC®500)

Type of Protection
Explosion proof with I.S. Outputs, Class I, Division 1, Groups A, B, C, D, T5

Permitted Division
(Explosion proof to Division 2)

Permitted Gas Group Temperature Class
(T5 and T6 optional)

EU (Directive 94/9/EC) - ATEX (Annex I, 2003)

Type of Protection
Explosion Protected
Ex d (ia) IIC T5

Temperature Class
T5 (for Zone 1 or 2)
T6 (for Zone 2 or 22)

CE Conformity Marking

Identification Number of Certified Body
Equipment Group: (1 for Zone 1 or 22)
Category: 1 (for Zone 1 or 22)
2 (for Zone 2 or 22)
3 (for Zone 2 or 22)

Acronyms

ATEX - Atmosphere Explosible
CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization
IEU - European Union
IEC - International Electrotechnical Commission
IEC - International Safety
MSHA - Mine Safety and Health Administration
NEC® - National Electric Code®

FM Approvals
1151 Boston-Province Turnpike, P.O. Box 9102
Norwood MA 02062-9102
Phone: +1 (781) 255 4831
Fax: +1 (781) 762 9375
E-mail: approvals@fmglobal.com
Approved Standards available from www.fmglobal.com
Standard Standards available (at no cost) from www.fmglobal.com/approvals/resources/standards.asp

Protection Concepts

Type of Protection	Code	Permitted Use	Standard	Protection Principle
Inherent Safe	AEx e Ex e	Class I, Zone 1 Zone 1	FM 3600 (ISA 12.16.01)* EN 50 015 (until July 2006) or EN 60079-7 IEC 60079-7	No arcs, sparks or hot surfaces
Non Incendive	(NI)	Class I, Div 2	FM 3611	
Non Sparking	AEx nA Ex nA Ex nA	Class I, Zone 2 Zone 2 Zone 2	FM 3600 (ISA 12.12.02) EN 50 021 IEC 60079-15	
Explosionproof	(XP)	Class I, Div 1	FM 3615	
Flameproof	AEx d Ex d Ex d	Class I, Zone 1 Zone 1 Zone 1	FM 3600 (ISA 12.22.01)* EN 50 018 IEC 60079-1	Contain the explosion and extinguish the flame
Powder Filled	AEx q Ex q Ex q	Class I, Zone 1 Zone 1 Zone 1	FM 3600 (ISA 12.25.01)* EN 50 017 IEC 60079-5	
Isolated Quench	AEx mC Ex mC Ex mC	Class I, Zone 2 Zone 2 Zone 2	FM 3600 (ISA 12.12.02) EN 50 021 IEC 60079-15	
Intrinsic Safety	(IS)	Class I, Div 1	FM 3610†	Limit energy of sparks and surface temperature
	AEx ia Ex ia AEx ib Ex ib Ex ia Ex ia Ex ib	Class I, Zone 0 Class I, Zone 0 Zone 0 Zone 0 Zone 1 Zone 1 Zone 1	FM 3610† EN 50 020/39 EN 50 020/39 IEC 60079-11 IEC 60079-11	
Control Group	AEx nA Ex nA Ex nA Ex nL Ex nL	Class I, Zone 2 Zone 2 Zone 2 Zone 2 Zone 2	FM 3600 (ISA 12.12.02) EN 50 021 IEC 60079-15 EN 50 021 IEC 60079-15	
Pressurized	Type X Type Y Type Z Ex ps Ex py Ex pz Ex nZ	Class I, Div 1 Class I, Div 1 Class I, Div 1 Zone 1 Zone 1 Zone 1 Zone 2	FM 3620 FM 3620 FM 3620 EN 50 016 EN 50 021 IEC 60079-2 IEC 60079-2 IEC 60079-2 IEC 60079-15	
Restricted Dissipation	AEx nR Ex nR Ex nR	Class I, Zone 2 Zone 2 Zone 2	FM 3600 (ISA 12.12.02) EN 50 021 IEC 60079-15	Keep flammable gas out
Encapsulation	AEx m Ex m Ex m	Class I, Zone 1 Zone 1 Zone 1	FM 3600 (ISA 12.23.01)* EN 50 028 IEC 60079-18	
Oil Immersion	AEx o Ex o Ex o	Class I, Zone 1 Zone 1 Zone 1	FM 3600 (ISA 12.16.01)* EN 50 015 IEC 60079-6	

* Also listed comply with IEC 12 16 01
† Based on IEC 12 16 01

International Partners

Region	Head Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office
ASIA	Head Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office
EUROPE	Head Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office
AFRICA	Head Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office
AMERICA	Head Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office
OCEANIA	Head Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office	Field Office

Area Classification

Zone	Zone 0	Zone 1	Zone 2	Zone 22
U.S. (NEC®505)	Zone 0	Zone 1	Zone 2	Zone 22
U.S. (NEC®500)	Zone 0	Zone 1	Zone 2	Zone 22

Apparatus Grouping

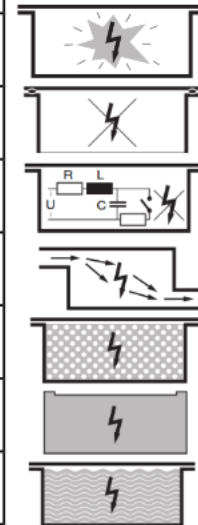
Apparatus Group	U.S. (NEC®505)	U.S. (NEC®500)
Acetylene	Group IIC	Class I Group A
Hydrogen	Group IIB + IIC	Class I Group B
Ethylene	Group IIB	Class I Group C
Propane	Group IIA	Class I Group D
Methane	Group I*	Mining*
Metal Dust	None	Class II Group E
Coal Dust	None	Class II Group F
Grain Dust	None	Class II Group G
Flame	None	Class III

Temperature Class

Maximum Surface Temperature	U.S. (NEC®505)	U
-----------------------------	----------------	---

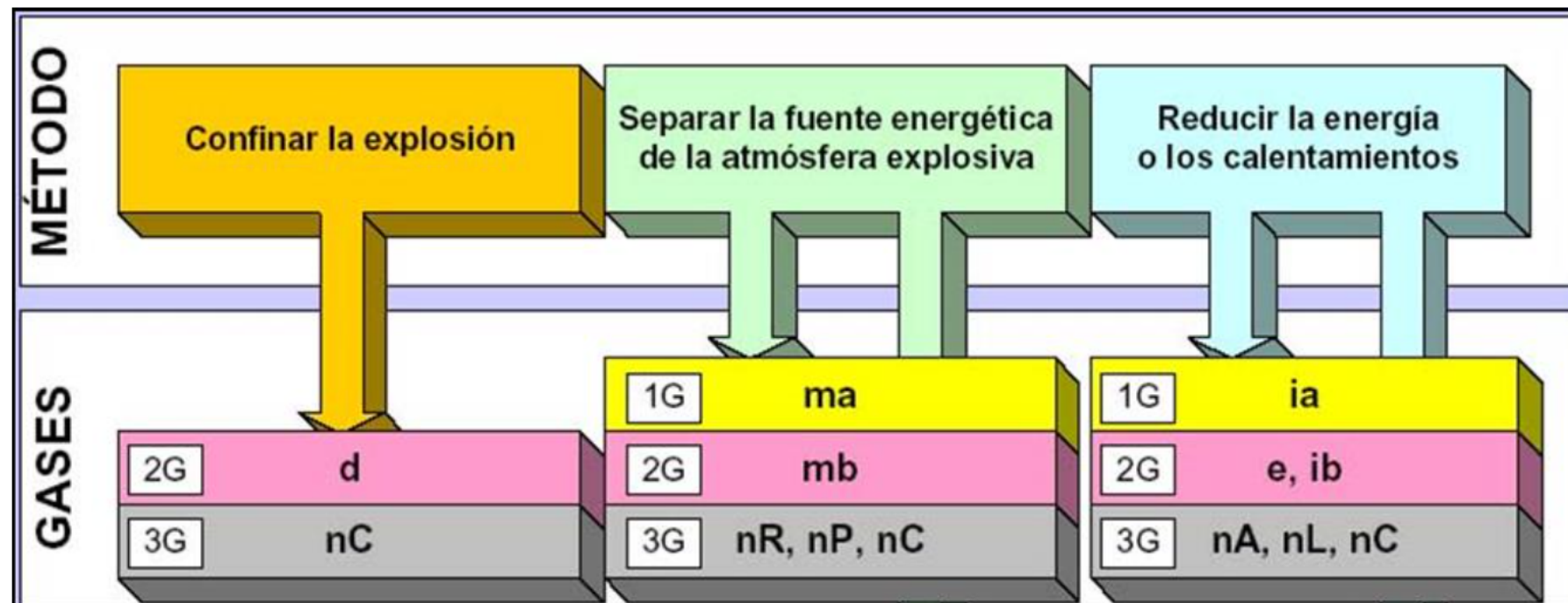
Modos de protección de equipos eléctricos para gases

MODOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICOS	
NOMBRE	SÍMBOLO
Envolvente antideflagrante flameproof	d
Seguridad aumentada	e
Seguridad intrínseca	i
Sobrepresión interna	p
Relleno pulverulento	q
Encapsulado	m
Inmersión en aceite	o
Antichispa	nA
Energía limitada	nL
Dispositivo sellado, herméticamente sellado, encapsulado, corte blindado	nC



Modos de protección de equipos eléctricos para gases

Dependiendo del nivel de protección requerido, se utilizan diferentes modos que garantizan una operación segura de acuerdo a las normas técnicas establecidas:



Exigencias de Gestión de la Seguridad del Reglamento

Manual de Seguridad (MS) para Instalaciones Medianas

- Documento que contiene las instrucciones y procedimientos de seguridad que deben emplearse tanto en la operación como en el término definitivo de operaciones de una planta de biogás.
- El Operador de una Instalación de biogás, deberá dar cumplimiento del MS y verificar que el personal a su cargo, esté debidamente capacitado para su aplicación. Las capacitaciones deben ser en forma periódica, en intervalos que no excedan de dos años. El Operador de la Instalación de biogás, deberá mantener un registro en el que se deje constancia de la capacitación otorgada al personal a su cargo.



Exigencias de Gestión de la Seguridad del Reglamento

El Manual de Seguridad de Combustibles debe contener las siguientes materias:

- a) Definición de las obligaciones y responsabilidades básicas del operador y del personal, en materia de seguridad y riesgos.
- b) Organigrama.
- c) Supervisión de las operaciones.
- d) Procedimientos de trabajo seguro (PTS) en instalaciones de biogás.
- e) Hoja de datos de seguridad de productos químicos (HDS) según NCh 2245.Of2003, "Sustancias químicas - Hojas de datos de seguridad y en Requisitos".
- f) Instrucciones de prevención de riesgos en el manejo de biogás y sustancias peligrosas.
- g) Plan de Mantenimiento e Inspección de la instalación.
- h) Relaciones con contratistas en aspectos de seguridad y durante emergencias.
- i) Procedimientos para otorgar permisos para realizar trabajos de construcción, mantenimiento e inspección.
- j) Investigación de accidentes.
- k) Obligaciones de la gerencia, del servicio de prevención de riesgos, de los supervisores y de los trabajadores.
- l) Prohibiciones a todo el personal.
- m) Normas especiales.

Será aplicable a su personal y a toda persona que, por cualquier causa, concurra a las instalaciones. El MS deberá ser revisado en períodos no superiores a 3 años y actualizado cada vez que se efectúe una modificación que tenga incidencia en alguna de las materias contenidas en éste, lo que debe ser efectuado con la asesoría de un Experto en Prevención de Riesgos.



Exigencias de Gestión de la Seguridad del Reglamento

Sistema de Gestión de Seguridad y Riesgos (SGSR) para Instalaciones Grandes

El Sistema de Gestión de Seguridad y Riesgo es el conjunto ordenado de actividades sistemáticas, debidamente formalizadas y documentadas, destinadas a controlar o eliminar los riesgos de accidentes y daños a las personas o cosas, que una organización se propone cumplir en un período determinado.

Exigencias de Gestión de la Seguridad del Reglamento

El Sistema de Gestión de Seguridad y Riesgo deberá contener:

- a) Orientaciones y objetivos generales de la empresa administradora de las instalaciones biogás, en relación con la seguridad y los riesgos, expresados formalmente por la dirección superior, a través de una política definida de seguridad y riesgos. Esta deberá contener, como mínimo, el cumplimiento explícito de la legislación vigente y aplicable.
- b) Definiciones de las obligaciones y responsabilidades básicas del operador de una instalación de biogás y del personal, en materia de seguridad y riesgos.
- c) Estructura organizacional, procedimientos, procesos, estándares, documentos y recursos para aplicar el SGSR.
- d) Identificación de los peligros y evaluación de los riesgos de la actividad y de sus instalaciones.
- e) Planes y programas de prevención y control de riesgos.
- f) Programas de capacitación y entrenamiento del personal.
- g) Programa de confiabilidad operacional para el aseguramiento de la integridad mecánica y la confiabilidad del equipamiento crítico, tales como tanques y tuberías.
- h) Procedimientos escritos para el manejo seguro de las instalaciones, que incluyan:
 - Instrucciones para la operación segura de cada instalación de biogás.
 - Condiciones para puesta en servicio, para operación normal, operaciones provisorias, operaciones de emergencia, y detención programada.
 - Plan de Mantenimiento e Inspección de las instalaciones que opera.
 - Naturaleza, cantidad, duración y frecuencia de las actividades.
 - Investigación de accidentes.
 - Procedimientos de revisiones y evaluación anual de la efectividad del Sistema de Gestión de Seguridad y Riesgo.
 - Relaciones con contratistas en aspectos de seguridad y durante emergencias.
- i) Revisión y evaluación anual de la efectividad del Sistema de Gestión de Seguridad y Riesgo.
- j) Manual de Seguridad



Documentación para el desarrollo de trabajos

Evaluación del peligro

Información general sobre la planta de biogás						
Operador:		Tarea asignada (fecha):				
		Número de empleados:				
Fecha:						
Personas implicadas en la evaluación del peligro:						
Firmas:						
1. Parte general						
1.1 Peligros en general: organización						
Área de actividad	Peligro	Medida de protección	Realizada			Implementada ¿quién? / ¿cuándo?
			Sí	No	No necesaria	
Responsabilidad	Las tareas, responsabilidades y competencias no están claras u organizadas correctamente.	El operador es responsable de todas las tareas, responsabilidades y competencias. Se documentan las desviaciones.	☐	☐	☐	
		Las empresas externas son instruidas por el operador.	☐	☐	☐	
Selección de trabajadores	Contratación de personas no cualificadas (daños para la salud, daños a los bienes).	Identificación de aptitud profesional antes de contratación.	☐	☐	☐	
		Se han definido y se tienen en cuenta criterios de selección de la empresa (p. ej. educación).	☐	☐	☐	
		Se verifican los permisos de conducción necesarios.	☐	☐	☐	
Trabajo sin estudios ni formación adecuados	Poner en peligro a uno mismo, a otros empleados y empleadas o a otras personas.	Solo empleados con formación continua adecuada realizan las tareas relevantes.	☐	☐	☐	
		Los empleados participan en medidas de formación continua relevantes.	☐	☐	☐	
		Solo están contratadas personas aptas y formadas.	☐	☐	☐	
Instrucción en seguridad	No reconocimiento de peligros o no consideración de las medidas de protección.	Los empleados reciben instrucción relativa a posibles peligros y medidas de protección antes de empezar a trabajar.	☐	☐	☐	
Horario laboral	El horario laboral, el tiempo de descanso y las pausas no se cumplen.	Las horas de trabajo básicas deben respetarse.	☐	☐	☐	
		Las pausas deben respetarse.	☐	☐	☐	
Primeros auxilios	Falta de primeros auxilios tras accidente o enfermedad repentina	Se dispone de material de primeros auxilios.	☐	☐	☐	
		Se conocen los números de teléfono de emergencias.	☐	☐	☐	
		El personal formado en primeros auxilios está localizable y disponible.	☐	☐	☐	

		ANÁLISIS SEGURO DE TRABAJO				
ANÁLISIS SEGURO DE TRABAJO						
CONTRATISTA (RAZON SOCIAL):				R.U.C:		
TRABAJO A REALIZAR:				RESPONSABLE:		
OBRA / LUGAR:				FECHA:		
SECUENCIA DEL PROCESO	PELIGROS	RIESGO			MEDIDA PREVENTIVA	
(Listar actividades PRINCIPALES que se realizan para la ejecución de tareas)	(Listar los peligros que se identifican, asociados a las	BAJO	MEDIO	ALTO		
1.-						
2.-						
3.-						
4.-						
5.-						
6.-						
7.-						
8.-						
9.-						
10.-						
CONSIDERACIONES ADICIONALES						
ESPECIFICAR Equipo de Protección Personal (EPP):				VALORACION DEL RIESGO:		
Ojos:				Las consecuencias , que se generarían si el peligro se manifiesta son:		
Rostro:				BAJO No causa daño o solo puede producir lesiones leves - Continúa sus labores		
Oídos:				MEDIO Incapacidad temporal - No continúa sus labores		
Nasal:				ALTO Incapacidad permanente parcial , total o muerte		
Manos:				TIPO DE CAPACITACIÓN QUE REQUIERE (Marcar con X)		
Brazos:				Charla de inducción (5min)		
Piernas:				Entrenamiento especializado		
Cuerpo:				Otros (especificar)		
Otros (Especificar):						
DATOS DEL ELABORADOR						
Nombre del Elaborador:						
Cargo en la empresa contratista:						



Documentación de mantenimiento, instalación y reparación

Formulario de instrucción para subcontratistas y empleados para las labores de mantenimiento, instalación y reparación

Ubicación/lugar de trabajo (p. ej. planta)	PLANTA DE BIOGÁS	
Orden de trabajo (p. ej. reparación de agitador)	Cliente/empleador responsable.....	
Periodo de trabajo	Fecha del a la fecha de finalización prevista ☐ Consulta sobre situación actual necesaria diariamente antes de comenzar el trabajo	
Tipo de trabajo/orden de trabajo	☐ Soldadura por arco eléctrico..... ☐ (Gas inerte)..... ☐ (Varilla para soldar)..... ☐ Soldadura oxiacetilénica/soldadura fuerte..... ☐ (Dix) Corte..... ☐ Amolado/Corte con amoladora angular..... ☐ Otros:	
Ejecutado por	☐ Empresa externa: Director/a responsable en planta de la empresa extem: ☐ Miembro de plantilla propio de la planta de biogás:	☐
Ejecutado por	El contratista cuenta con los conocimientos técnicos exigidos	☐
	Si los empleados de otros empleadores están expuestos a altos niveles de peligro, los empleadores afectados deberán designar a un coordinador por escrito para acordar las medidas de protección: Coordinador:	☐
	Trabajo de mantenimiento realizado conforme a la evaluación del peligro.	☐
	El contratista ha informado al cliente y a otros empleadores sobre los peligros que supone este trabajo para los empleados y empleadas del cliente y de otros empleadores.	☐
	Equipos de protección personal: selección y, si procede, uso obligatorio (calzado de seguridad, protección auditiva, protección contra caídas, ropa ignífuga, ropa de protección contra productos químicos, guantes protectores, gafas protectoras, mascarilla de respiración, etc.).	☐
	Observancia de las señales de información, señales obligatorias y señales de prohibición.	☐
	Nota: En el área de recepción del equipamiento, puede haber presentes depósitos tóxicos, muy tóxicos, carcinógenos, mutagénicos o reprotoxicos como resultado de añadir aditivos y materiales auxiliares (p. ej. oligoelementos). En ese caso, es necesario seguir las estipulaciones de la ficha de datos de seguridad, especialmente en lo relativo al equipo de protección personal, y se deberá designar para esta labor solamente a personal apto y debidamente instruido.	☐
	¿Maquinaria asegurada para prevenir un arranque accidental y debidamente etiquetada?	☐
	Nota: A menudo no hay conexión con la red de telefonía móvil dentro de los tanques de acero y de homínigón armado.	☐
	Transporte y vías de evacuación libres y despejadas.	☐
	Extintores, maletín de primeros auxilios y cuadros de distribución eléctricos no bloqueados.	☐

Inducción laboral	Procedimientos de trabajo, posibles peligros, uso adecuado de precauciones de seguridad y equipos de protección ambiental discutidos. Plan de emergencia distribuido.	☐
	Todo el trabajo encomendado realizado siempre bajo supervisión. Prohibido el trabajo en solitario sin supervisión.	☐
	Atención dirigida a las áreas con atmósfera potencialmente explosiva.	☐
	Atención dirigida a posibles peligros ocultos (p. ej. energía residual, cables/tuberías ocultos, equipos para trabajos en altura, tuberías presurizadas, etc.).	☐
	No puentear o manipular equipos de seguridad sobre máquinas o edificios (p. ej. puentear conectores de contacto orientados a la seguridad, bloqueo de puertas contra incendios, etc.).	☐
	Se informará inmediatamente de cualquier deficiencia (en materia de seguridad laboral) detectada al jefe de explotación de la planta.	☐
	Información sobre sustancias peligrosas presentes, p. ej. basada en las fichas de datos de seguridad:	☐
	▶ Aditivos y materiales auxiliares (oligoelementos, etc.)	☐
	▶ Líquidos inflamables	☐
	▶ Materiales inflamables (sólidos, polvos, materiales aislantes)	☐
	▶ Riesgo de explosión derivado de gases/vapores	☐
	▶ Peligro de asfixia derivado de gases CO ₂ que desplazan el oxígeno	☐
	▶ Peligro de intoxicación por gases tóxicos como el H ₂ S y el NH ₃	☐
	▶ Otras sustancias peligrosas	☐
	Áreas de trabajo que deben asegurarse con barreras y avisos de modo que nadie esté en peligro.	☐
Cumplimiento de las instrucciones de uso, p. ej. para cargadoras, maquinaria y equipos sobre ruedas.	☐	
Prohibición del consumo de alcohol y estupefacientes.	☐	
Prohibición de fumar en todas las áreas señalizadas.	☐	
Se ha explicado cómo utilizar herramientas eléctricas, escaleras de mano, etc. de forma segura, se ha llamado la atención sobre la necesidad de realizar una inspección visual antes del uso.	☐	
Explicadas las medidas de emergencia para incidentes que supongan un riesgo medioambiental.	☐	
Otros:	☐	
Equipos de trabajo obligatorios y equipos de seguridad laboral	☐ Escaleras de mano, ayudas para trepar	
	☐ Protección contra caídas	
	☐ Casco	
	☐ Protección auditiva	
	☐ Protección ocular	
	☐ Lámparas especiales (clase de protección IP, ATEX?)	☐
	☐ Medios de comunicación especiales (clase de protección IP, ATEX?)	
	☐ Equipos elevadores especiales para herramientas y cilindros de gas de soldadura	
	Provisión de una estación de rescate con equipos de rescate/recuperación.	☐
	Provisión de equipamiento de primeros auxilios.	☐
Botella lavajos, desinfectante de heridas, kit de primeros auxilios para quemaduras.	☐	

Medidas especiales para prevenir daños durante el trabajo en lugares donde se generan chispas	Se dispone del siguiente certificado de competencia (p. ej. certificado del soldador para labores de soldadura en tuberías de gas):	☐
	Retirada de objetos y materiales inflamables, incluidos depósitos de polvo, dentro de un radio de m.	☐
	(también en espacios adyacentes = ¿resistente al vapor? ¿conductos vacíos, conductos de cables, puertas, conductos de ventilación?)	☐
	¿Biogás eliminado de las áreas vulnerables?	☐
	Todos los objetos inflamables en riesgo cerca de y debajo del lugar de trabajo están cubiertos.	☐
	Sellado seguro de aberturas, tuberías y lugares de tránsito a áreas adyacentes y tanques en situación de riesgo conectados al sistema de gas.	☐
	Eliminación de materiales de revestimiento y aislamiento potencialmente inflamable.	☐
	Establecimiento de conexión equipotencial (set antiestático) y humidificación.	☐
	PRECAUCIÓN: Hay que prestar especial atención a los pequeños incendios secundarios causados por cordones de soldadura y chispas de amoladora angular.	☐
	¿Eliminación del riesgo de explosión en tanques y tuberías mediante inertización de las tuberías con N ₂ o CO ₂ ?	☐
Equipo de primera respuesta para combatir incendios incipientes	Ventilación de protección, ventilación activa significativamente por debajo de LIE Potencia ventilador: m ³ /h Espacio a ventilar: volumen m ³ Tubo de ventilación (manguera para ventilación en espiral) m de largo (distancia del punto de entrada de aire fresco a zona EX/punto de salida de gas)	☐
	Purga/extracción de gases (uso exclusivo de ventiladores protegidos contra explosiones ATEX, p. ej. tomar prestados del cuerpo de bomberos).	☐
	Medición de la distancia de separación con un detector de gas (p. ej. monitor de gas multifuncional) por un experto: ¿batería cargada, revisada y lista para entrar en funcionamiento, etc.?	☐
	Medición de la atmósfera en el área de trabajo con distancia de seguridad adecuada, p. ej. CH ₄ < 0,5 %; O ₂ > 20 %, CO ₂ < 0,5 %, H ₂ S < 10 ppm, NH ₃ < 5 ppm	☐
	Provisión de un sistema de vigilancia de incendios con equipo de extinción.	☐
	☐ Extintores (nota: ¿Si es posible, tener varios agentes extintores diferentes preparados!)	
	☐ agua	
	☐ espuma	
	☐ CO ₂	
	☐ Polvo seco ABC ☐ polvo seco BC	
☐ ¿manguera de agua (conectada) con boquilla rociadora?		
Autorización	The listed safety measures are to be implemented. Deberán observarse las disposiciones pertinentes sobre seguridad y salud industrial, materiales peligrosos y prevención de accidentes (en Alemania: BetrSichV (Reglamento sobre seguridad industrial), GefStoffV (Reglamento sobre sustancias peligrosas), TRGS 529 (Reglas técnicas sobre sustancias peligrosas) y DGV (Seguro legal alemán de accidentes)). En particular, la norma DGV 113-001 (antiguamente BGR 117-1) se aplica para inspeccionar y trabajar en tanques, digestores, pozos, cámaras y espacios angostos bajo el nivel del suelo.	
	Fecha Firma del empleador/operador responsable de la planta de biogás Firma de la persona que lleva a cabo el trabajo	



Equipamiento de Protección Personal para una operación e intervención segura

Además de las medidas de protección de carácter técnico y organizativo, deben planificarse también medidas de protección personal (Equipamiento de Protección Personal, EPP) para determinados aspectos del funcionamiento de la planta. La elección de las medidas a utilizar depende de la evaluación del peligro.

Peligros y posibles medidas de protección

Peligros	Ejemplos	Equipo de protección personal
Sustancias peligrosas (transportadas por el aire)	Microorganismos Aerosoles Biogás (sus constituyentes) Aditivos y materiales auxiliares	Protección para ojos y cara si cabe esperar que se produzca una pulverización o rociado de materiales o líquidos infecciosos y las medidas técnicas no brindan una protección adecuada. Las tareas para las cuales se utilice protección respiratoria deben tenerse en cuenta expresamente en la evaluación del peligro. La protección respiratoria adecuada debe satisfacer como mínimo los siguientes requisitos: ▶ Media máscara con filtro de partículas de clase P2 según DIN EN 143 o media máscara con filtro de partículas FFP2 según DIN EN 149. ▶ Las medias máscaras de filtrado con válvula de exhalación son la elección preferente. Si se libera biogás, deben utilizarse siempre equipos de respiración autónomos de circuito cerrado debido a la posibilidad de altas concentraciones de H ₂ S y de desplazamiento del oxígeno.
Sustancias peligrosas (contacto cutáneo)	Hongos Bacterias Virus Endotoxinas Aditivos y materiales auxiliares	Guantes para trabajos pesados, impermeables y bajos en alérgenos, asimismo con puños ampliados para prevenir la contaminación de líquidos con patógenos que se introduzcan en los guantes. Los guantes deben ser resistentes a los desinfectantes que se utilicen. Protección para ojos y cara si cabe esperar que se produzca una pulverización o rociado de materiales o líquidos infecciosos y las medidas técnicas no brindan una protección adecuada. Delantales y calzado herméticos al agua si cabe la posibilidad de éstos queden empapados.
Peligros mecánicos	Descarga estática Cables defectuosos	Deberá proporcionarse calzado de seguridad que cumpla al menos los requisitos de la clase de protección S2 y botas de seguridad que cumplan al menos los requisitos de la clase de protección S4 según DIN EN ISO 20345.
Peligros mecánicos	Caidas, tropezos, contusiones, cortes	Deberá proporcionarse calzado de seguridad que cumpla al menos los requisitos de la clase de protección S2 y botas de seguridad que cumplan al menos los requisitos de la clase de protección S4 conforme a DIN EN ISO 20345, así como ropa impermeable según las necesidades (TRGS 727, 2016).
Peligro de incendio y explosión	El personal puede cargarse de electricidad estática, por ejemplo, al caminar, al levantarse de una silla, al cambiarse de ropa, al manipular plásticos, al realizar tareas que impliquen vertido o llenado, o mediante inducción al permanecer de pie cerca de objetos cargados. Una persona cargada de electricidad estática que toque un objeto conductor, p. ej. la manilla de la puerta, genera descarga de chispas.	En áreas peligrosas clasificadas como zona 0, 1 o 20, debe utilizarse calzado conductor con protección diferencial inferior a 10 ⁶ Ω. El mismo requisito se aplica a la zona 21 en caso de polvos con una energía mínima de ignición (EMI) ≤ 10 mJ. La ropa de trabajo o la ropa de protección no debe cambiarse, quitarse o ponerse en áreas peligrosas clasificadas como zona 0 o 1. El equipo de protección personal no debe poder llegar a cargarse en áreas peligrosas o en presencia de mezclas de gas explosivas, por ejemplo durante las labores de mantenimiento o en situaciones de emergencia. (TRGS 727, 2016)



Equipamiento de Protección Personal para una operación e intervención segura

Los empleados deberán abstenerse de comer o beber en los lugares de trabajo donde exista riesgo de contaminación por agentes biológicos. Si la evaluación del peligro insta a adoptar medidas de desinfección, estas deberán llevarse a cabo con desinfectantes probados.

- No se permitirá la entrada a las áreas de descanso o las salas para el personal a ninguna persona que lleve ropa de trabajo contaminada con agentes microbiológicos.
- Los residuos que contengan agentes biológicos deberán ser recogidos en contenedores adecuados.
- La ropa de trabajo y el equipo de protección personal deberán mantenerse separados de la ropa de uso privado.
- La ropa contaminada con agentes microbiológicos no deberá ser lavada en el hogar.
- Se debe realizar un control regular de plagas para evitar el acceso de roedores, palomas, insectos u otros animales.
- Deberán evitarse las condiciones de almacenamiento que favorezcan la multiplicación de agentes biológicos, en la medida en que el funcionamiento de la planta lo permita.
- Deberá proporcionarse una ventilación adecuada del área de trabajo de acuerdo con la evaluación del peligro.

En la siguiente figura se muestra una síntesis de los diferentes elementos que componen el equipo de protección personal. Cabe señalar que no todos los elementos deben ser utilizados en cada caso. Por ejemplo, la necesidad de llevar casco o arnés depende de la situación.

Equipo de protección personal (EPP)



Equipamiento de Seguridad de las instalaciones de biogás

Equipos de detección portátiles

Los equipos de detección de biogás portátiles disponibles en el mercado están generalmente diseñados para realizar mediciones multi-gas, posibilitando la medición de hasta seis gases de forma simultánea. Se distinguen principalmente dos tecnologías:

Infrarroja (sensor infrarrojo)

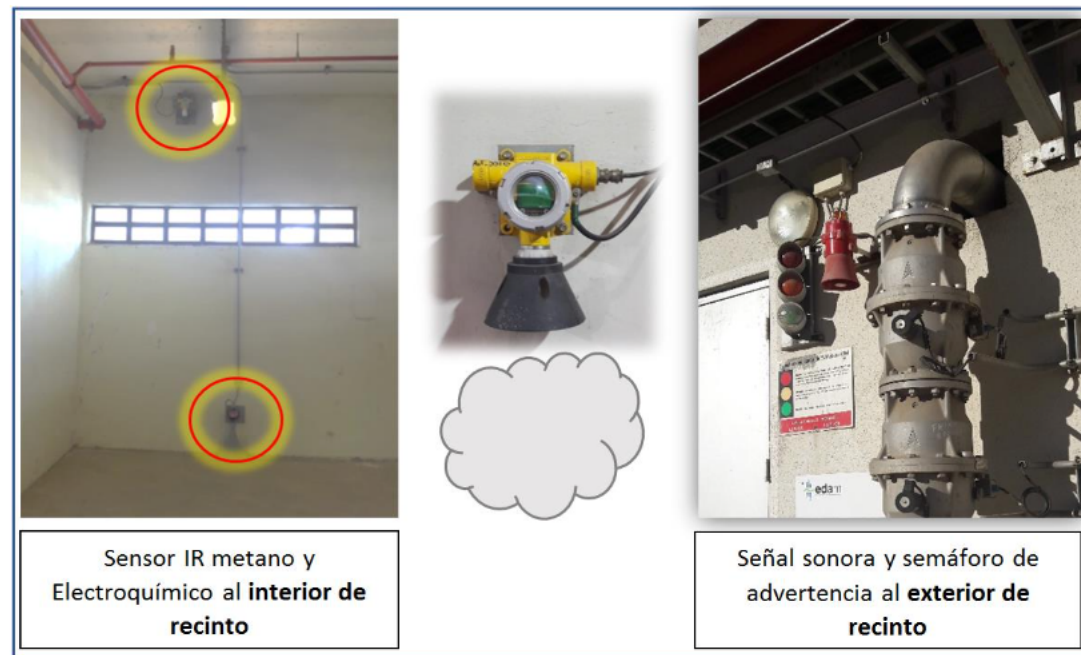
Celdas electroquímicas o catalíticas (sensor electroquímico)



Equipamiento de Seguridad de las instalaciones de biogás

Equipos de detección fijos

En los recintos cerrados, con baja elevación (por ejemplo, sótanos, habitaciones subterráneas, etc.), el biogás es capaz de desplazar al oxígeno, siendo capaz de provocar asfixia. El biogás es más ligero que el aire, pero tiene una tendencia a separarse en sus compuestos. El dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno, que son más pesados, se hunden en las zonas bajas mientras que el metano, que es más ligero, sube a la atmósfera. Por ello, en espacios cerrados, se deben tomar precauciones para proporcionar una ventilación suficiente. Además, se debe usar equipo de seguridad (por ejemplo, dispositivos de aviso de gas, protección respiratoria, etc.) durante el trabajo en áreas potencialmente peligrosas.



Equipamiento de Seguridad de las instalaciones de biogás

Sistemas de combate contra incendio

Un incendio corresponde a la energía térmica y lumínica (llamas) que se produce como producto de la reacción química entre un material combustible y oxígeno (combustión). Los sistemas de combate contra incendios en plantas de biogás están diseñados principalmente para prevenir el incendio y combatirlo en etapa inicial o amago.

Alarmas

Compuestas por los sistemas de detección y alarma para incendios y gases precursores de los mismos. El objetivo de estos elementos es el monitoreo de los límites admisibles de cada gas en el aire atmosférico.

Son seleccionados de acuerdo al tipo de combustión o emanación que pueda presentarse en el sector, considerando las condiciones ambientales de cada área o recinto en particular, tales como, humedad, velocidad del aire, cantidad de partículas en suspensión, presencia de gases o aerosoles, temperatura, rango de variaciones al interior del recinto, existencia de vibraciones, etc. A partir de estos, se adecua su sensibilidad para minimizar las falsas alarmas. Según la extensión física de la planta, se debe disponer de fuentes de poder para cada circuito de detección de incendio y de gases.



Equipamiento de Seguridad de las instalaciones de biogás

Sistemas de agua Contra Incendio

Red Húmeda: Sistema de cañerías auto alimentadas con agua, cuya función es la intervención temprana en caso de incendio. Consta de una manguera con un pitón de distintos tipos en el extremo. La red húmeda debe conectarse al sistema de distribución de agua del edificio, no a la red de incendio.



Red Seca: Sistema de cañerías sin agua, de uso exclusivo de bomberos. Deben ubicarse en el primer piso del edificio, en los accesos principales de los edificios o fuera de estos. Además, cada piso debe contar con un terminal con su respectiva llave de paso. En caso de incendio, el personal de bomberos conecta el carro bomba mediante una manguera a la entrada de la red seca, enviando agua por medio de presión hacia los pisos superiores. El agua será liberada únicamente en los pisos en que la llave de paso se encuentre abierta, la cual debe corresponder al piso siniestrado.



Equipamiento de Seguridad de las instalaciones de biogás

Rociadores automáticos o regadores automáticos (fire sprinklers):

Sistemas de extinción de incendios alimentados por una reserva de agua y una red de tuberías de la cual son elementos terminales. Por lo general, se activan al detectar un aumento anormal de la temperatura asociado al fuego o el humo generado por la combustión



Plan de Emergencias

Emergencia: Situación que pone en riesgo inminente la integridad física y psicológica de los ocupantes del recinto y que requiere de una capacidad de respuesta institucional organizada y oportuna a fin de reducir al máximo los potenciales daños a las personas, al medio ambiente y a las instalaciones del recinto.

Plan de Emergencia: Instrumento que contiene, de manera ordenada y organizada, las acciones y procedimientos a poner en marcha, los roles y funciones del recurso humano, y los recursos técnicos, materiales y financieros destinados a la respuesta ante una situación de emergencia o desastre y ser eficaz frente a una emergencia real o simulada.



Plan de Emergencias

Para enfrentar de manera eficiente un evento de emergencia, se requiere preparar con anticipación un conjunto de medidas que faciliten en el instante de la emergencia, la toma de decisiones, la toma de responsabilidades y el emprendimiento de acciones que resguarden la seguridad de las personas. Para esto, se establecen acciones que permiten:

- **Establecer una organización** preparada para enfrentar una emergencia en el interior del recinto, fijando el procedimiento para la evacuación del personal, el control de la emergencia y el restablecimiento de la operación normal de las instalaciones.
- **Evacuar oportunamente** el área afectada por una emergencia, actuando con tranquilidad y seguridad para evitar que las personas sufran lesiones e incluso la muerte.
- **Identificar las emergencias** potenciales que puedan generar daños significativos a los trabajadores, instalaciones del recinto y/o a terceros.
- **Capacitar al personal** sobre las materias señaladas en este procedimiento, indicando los deberes y las responsabilidades que les competen, para que lo apliquen en forma correcta según la intención de este documento.
- **Preparar con anticipación** un conjunto de actividades de capacitación y entrenamiento de los trabajadores del recinto, para actuar antes (prevención), durante (control) y después (normalización de las actividades) de una emergencia.
- **Preparar a terceras personas que presten servicios en el recinto**, tales como: contratistas, personal de aseo, vigilantes u otros, para controlar los riesgos que se pueden producir en caso de una emergencia.

Tipología de emergencias en una planta de biogás

Los tipos de emergencias para los cuales se debe estar preparado en la operación de una planta de biogás son:

Naturales	Derrames y fugas	Varios
Sismos	Fugas de biogás	Accidentes de trabajo
Incendios en el recinto y perímetro colindante	Derrames (sustancias químicas, lodo, etc.)	Artefactos explosivos o atentados
Inundaciones		Asaltos



Tipología de emergencias en una planta de biogás

Las emergencias se pueden clasificar en distintos niveles de acuerdo a las políticas de prevención de riesgos de la empresa, por ejemplo:

Emergencia Nivel 1 y 2: Situación de emergencia que es controlable con los recursos existentes en las instalaciones (extintores, red húmeda, red seca, sistemas de alarma), pudiendo suponer la evacuación parcial o total del personal presente en las instalaciones.

Emergencia Nivel 3: Situación de emergencia que no resulta controlable con los recursos existentes en las instalaciones (extintores, red de incendio, personal, entre otros) y que requiere por tanto de Ayuda Externa, pudiendo suponer la evacuación parcial o total del personal presente en las instalaciones. En general este tipo de emergencias es comunicado por la dirección de la empresa.

Tipos de evacuación y acciones

Evacuación: En su sentido más frecuente, se refiere a la acción o al efecto de retirar personas de un lugar determinado. Normalmente sucede en emergencias causadas por desastres, ya sean naturales, accidentales o naturales.

Evacuación Parcial: Se lleva a efecto cuando sea necesario o se precise abandonar uno o más lugares, pisos o áreas de forma independiente.

Evacuación Total: Se realiza cuando la situación sea de tal gravedad y/o magnitud que se requiera abandonar totalmente el recinto o centro de trabajo.

Tipos de evacuación y acciones

Pasos a seguir en una evacuación: Al Recibir ***El Mensaje De Evacuación***, el Personal **debe**:

1. Paralizar de inmediato su trabajo.
2. Detener y desconectar máquinas y/o equipos portátiles.
3. Mantener la calma y seguridad.
4. Retirar y/u ordenar, materiales, ropa o cualquier otro elemento que puedan presentar obstáculo y/o entorpecer su salida a las vías de escape.
5. Esperar órdenes de su Líder de Evacuación.
6. Cuando su Líder de Evacuación ordene marchar, caminar rápido y ordenadamente.
7. Obedecer las instrucciones y cooperar con el Líder de Evacuación si lo solicita.
8. Conservar la distancia con la persona que va adelante.
9. Mantener la formación hasta llegar a la “Zona de Seguridad”.
10. Todo el personal debe permanecer en la “Zona de Seguridad” hasta que Líder de la zona de seguridad así lo ordene.
11. Al sonido de la sirena, todos los vehículos que transiten en la planta deben ser estacionados apropiadamente para no obstaculizar las vías de evacuación y acceso para los vehículos de emergencia y ser apagados. Los conductores y acompañantes evacuarán rápidamente el lugar y se dirigirán a la zona de seguridad más cercana.



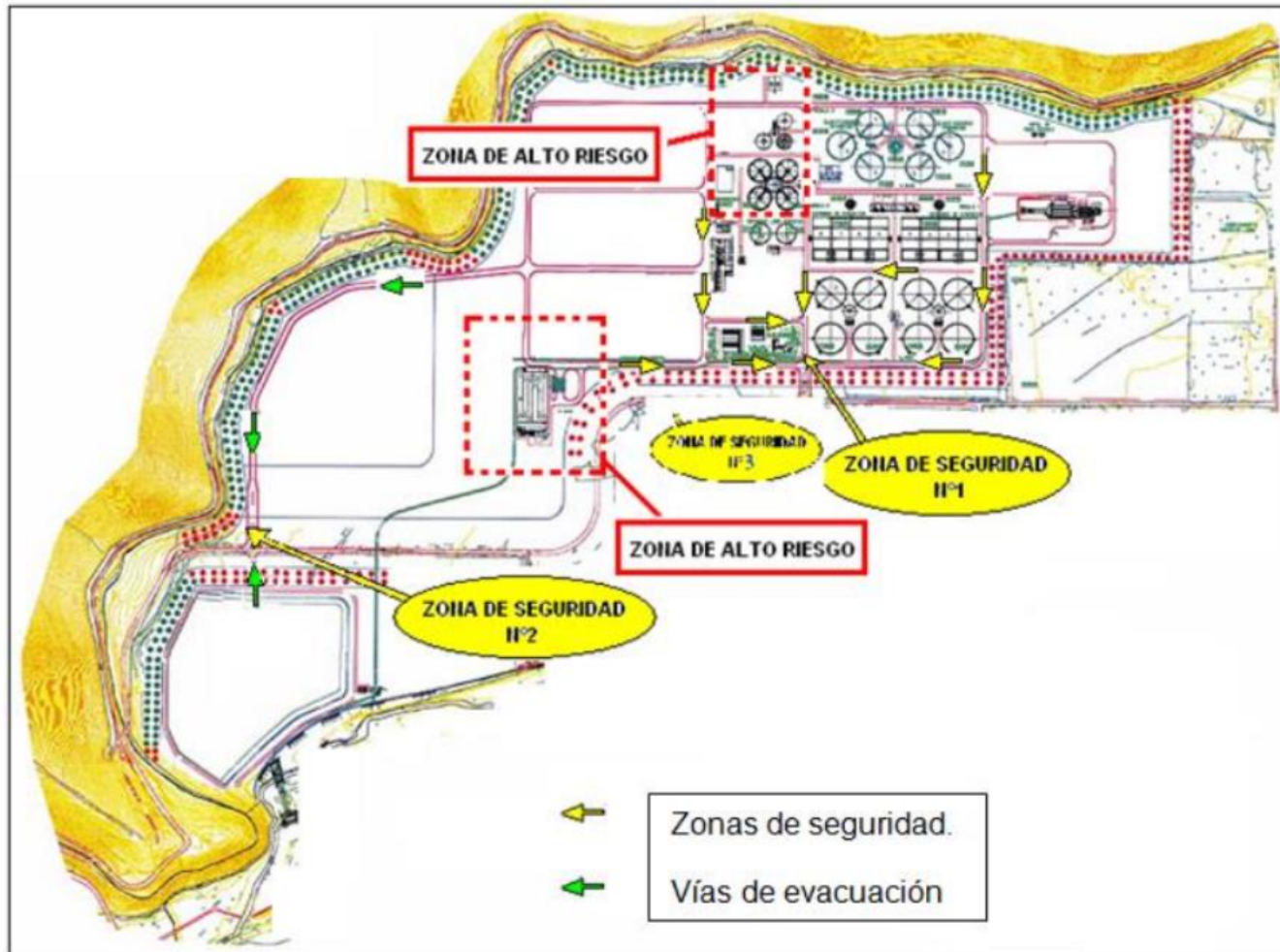
Tipos de evacuación y acciones

Durante ***El Proceso De Evacuación***, El Personal **No Debe**:

1. Correr
2. Hacer ruidos innecesarios
3. Hacer bromas
4. Causar confusión
5. Regresar por ropa u otros elementos a su lugar de trabajo
6. Detenerse u obstaculizar el tránsito
7. Dirigirse a otro lugar distinto al asignado
8. Usar su automóvil para salir de la Planta, hasta previo aviso por parte de las jefaturas.

Tipos de evacuación y acciones

Layout de evacuación planta de biogás



Tipos de evacuación y acciones

Zonas de Seguridad

Por Zona de Seguridad se entiende aquella que la organización define como tal y en la cual los riesgos están bajo control. Para su designación se debe considerar que no existan elementos que puedan producir daños por caídas (árboles, cables eléctricos, estructuras antiguas, etc.)”. Se señala como punto o zona de encuentro ante un evento en que existe la necesidad de evacuar un área de trabajo o en que, por ejemplo, haya gran cantidad de público, ya sean clientes o visitantes, debido a una emergencia de riesgo natural, como terremoto o tsunami.



Organización, roles y responsabilidades

En el plan de emergencias se debe definir claramente los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo de trabajo o empresa y contratista. Esto es, definir organismos (o personas) responsables de cada acción u operación frente a una emergencia, según los riesgos priorizados, considerando roles para el manejo del evento y roles para el manejo de la emergencia. A continuación, se ejemplifican algunos:

Supervisión de turno: Persona responsable de activar la emergencia. Actúa como comunicador ante los jefes de áreas, Prevención de Riesgos y Brigada de Emergencias. A la vez, estará encargado de notificar internamente a la guardia pasiva en caso de una emergencia que ocurra en horario no administrativo.

Organización, roles y responsabilidades

Prevención de Riesgos: La Unidad de Prevención de Riesgos, será la encargada de:

- El eficiente manejo a nivel técnico de la emergencia. Incluye los elementos locales, Brigada contra incendios, bomberos, servicio médico y vigilancia. Puede incluir elementos externos de apoyo.
- Apoyar a la Brigada de emergencias en horario administrativo.
- Informar en todo momento a la Gerencia de la emergencia.
- Generar informe de la Emergencia.

Guardia Pasiva

- Jefaturas de las áreas de Operación y Mantenimiento: Responsable y en coordinación con Prevención de Riesgos para realizar el análisis de la emergencia.
- Personal que deberá tomar contacto y notificar la emergencia a Gerencia de Operaciones y mantenimiento en horario no administrativo.

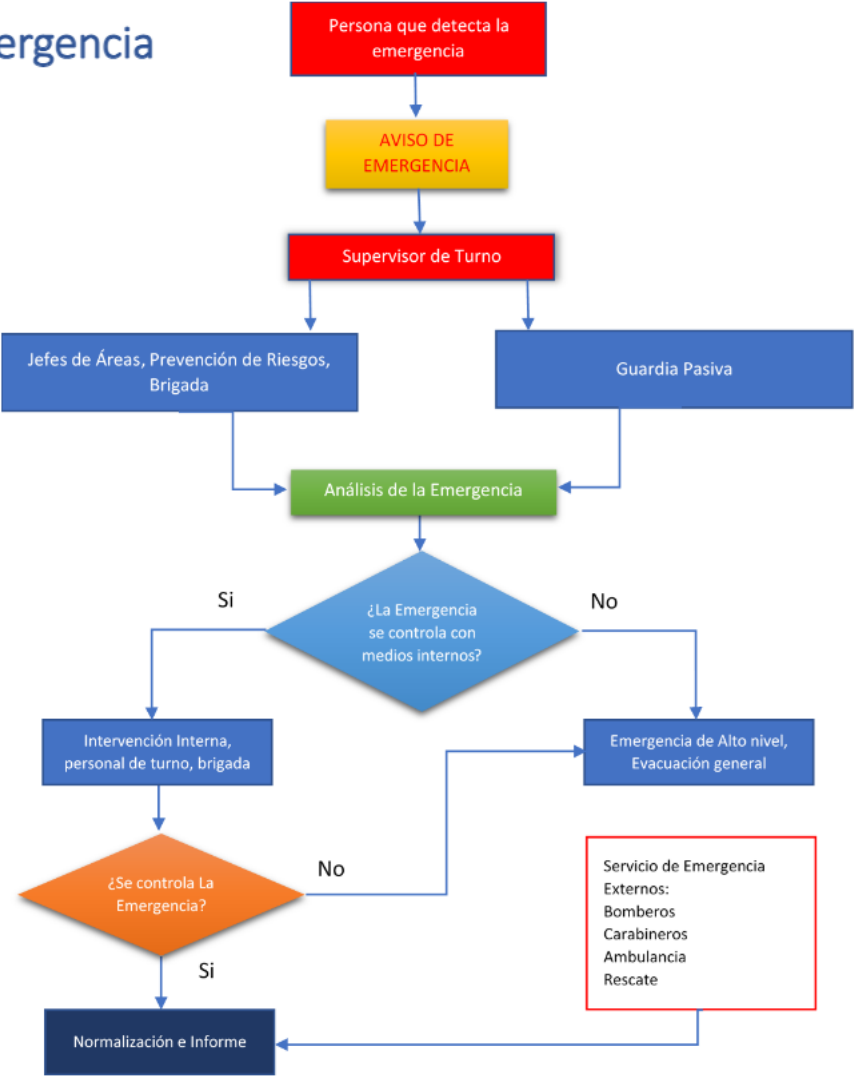
Organización, roles y responsabilidades

Líderes de evacuación: Los líderes de evacuación serán los responsables de coordinar y orientar la evacuación del personal en caso de emergencia. Deberá existir uno por área, el cual debe conocer detalladamente las vías de evacuación. Sus principales funciones son:

- Resguardar la seguridad del personal a cargo y la de terceros.
- Guiar y dar instrucciones pertinentes al personal (contratistas, visitas, entre otros) según el grado de la emergencia.
- Informar al Supervisor de Turno, coordinar y acatar lo dispuesto por el mismo.
- Cumplir con las disposiciones e instrucciones contenidas en el Plan de Emergencia.
- No permitir el regreso a los lugares evacuados.
- Comprobar que no quedan rezagados una vez evacuado el sector.
- En caso de evacuación general, los Líderes de evacuación deberán realizar el conteo del personal en las zonas de seguridad incluyendo a los visitantes.
- Comprobar e informar ausencias.
- Asistir a las charlas sobre materias de prevención de riesgos, plan de emergencia y/o simulacros.

Organización, roles y responsabilidades

Organización de las comunicaciones ante una Emergencia



Brunsley Elliot Stambuk

belliot@sustentaex.com

