

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA



ESCUELA DE INGENIERÍA EN SEGURIDAD LABORAL E HIGIENE AMBIENTAL

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN INGENIERÍA EN SEGURIDAD LABORAL E HIGIENE
AMBIENTAL**

**“ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS PARA POLVOS
COMBUSTIBLES, GASES Y VAPORES INFLAMABLES EN LA PLANTA
PROCESADORA DE ACEITE DE PALMA AFRICANA COOPEAGROPAL R.L.”**

REALIZADO POR: HÉCTOR EMMANUEL VALVERDE HERRERA

PROFESOR TUTOR: MARÍA GABRIELA RODRÍGUEZ ZAMORA

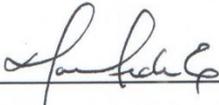
ASESOR INDUSTRIAL: ZEIDY MARÍN MURILLO

II SEMESTRE 2016

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL
PROYECTO DE GRADUACIÓN.

Proyecto de graduación defendido públicamente ante el tribunal examinador integrado por los profesores Ms. María Lourdes Medina Escobar e Ing. Esteban Arias Monge. Como requisito para optar al grado de Bachiller en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del trabajo desarrollado por el estudiante, estuvo a cargo del profesor asesor María Gabriela Rodríguez Zamora.



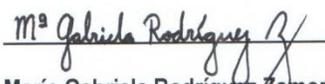
Ms. María Lourdes Medina Escobar

Profesor evaluador



Ing. Esteban Arias Monge

Profesor evaluador



María Gabriela Rodríguez Zamora

Profesor Asesor



Héctor Valverde Herrera

Estudiante

Cartago, 28 de Noviembre de 2016.

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar patente mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de mi Proyecto de Graduación.

 Mi agradecimiento a la Ing. Zeidy Marín Murillo, Gestora de Salud y Seguridad Laboral y demás compañeros de la Cooperativa, por su apoyo y ayuda que me brindaron.

 Mención especial merece María Gabriela Rodríguez Zamora, profesora asesora, por su orientación y consejos durante el proceso.

A todos muchas gracias

DEDICATORIA

**A mis padres, hermanos y amigos
por toda la ayuda que me
brindaron durante mis
años de estudio.**

Resumen

El presente proyecto se realizó en Coopeagropal R.L, empresa dedicada a la extracción de aceite de palma, así como a la venta y distribución de productos alimenticios. El objetivo general del estudio fue generar un modelo de protección contra atmósferas explosivas por la presencia de polvos combustibles, gases y vapores inflamables de la planta procesadora de aceite de palma africana. Este modelo indica para las diferentes zonas dónde está presente el riesgo, las clasificaciones de emplazamientos peligrosos y las recomendaciones de medidas que se deben tomar en dichas zonas.

El presente estudio, se inició con la identificación de productos inflamables y combustibles que generan atmósferas explosivas en los diversos procesos elaborados por la cooperativa. Por lo tanto, se analizó las propiedades fisicoquímicas de las sustancias, los emplazamientos peligrosos y el proceso productivo que se lleva a cabo en cada planta donde se origina el riesgo de explosividad. Esto mediante hojas de seguridad y diagramas de procesos de las plantas evaluadas. Posteriormente, se identificó las fuentes de escape de cada sustancia, analizando el potencial de riesgo de cada una. De esa manera, mediante diagramas de identificación, entrevistas y tablas de datos se clasificó los diferentes emplazamientos según la IEC 60079-10 (2010).

Con dicha información se procedió al análisis de las diferentes zonas de clasificación de peligrosidad debido a la presencia de atmósferas explosivas en cada uno de los emplazamientos donde están presentes los gases y vapores inflamables y polvos combustibles.

Se procedió al análisis en las plantas de tratamiento anaeróbico (biodigestor), refinería y de coquito, encontrando como resultado gas metano (biogás), vapores de ácidos grasos y polvo de harina de coquito. Esas sustancias generan atmósferas explosivas, según las diferentes fuentes de escape en los procesos respectivos.

Todos los emplazamientos contienen las clasificaciones respectivas de peligrosidad según la normativa IEC 60079-10, los cuales fueron representados por medio de mapas. Estos mapas identifican las zonas y los radios de extensión de cada una. En la planta de tratamiento anaeróbico (biodigestor) y refinería se encuentra clasificaciones de zonas 0, 1 y 2 y en la planta de coquito clasificaciones de zonas 20, 21 y 22.

Palabras clave:

Atmósferas explosivas, polvos combustibles, gases y vapores inflamables, procesamiento de aceite de palma, riesgo de explosión, zonas de clasificación ATEX, guías de protección contra explosiones.

Tabla de contenido

Resumen.....	v
I. Introducción	1
A. Identificación de la empresa.....	2
1. Misión	2
2. Visión.....	2
3. Antecedentes históricos.....	2
4. Ubicación Geográfica	3
5. Número de empleados	3
6. Proceso industrial	3
7. Mercado.....	3
8. Estructura organizativa	4
B. Planteamiento del problema.....	4
C. Justificación.....	5
D. Objetivos	8
1. Objetivo general.....	8
2. Objetivos Específicos	8
E. Alcances y limitaciones	8
1. Alcances	8
2. Limitaciones.....	9
II. Marco Teórico.....	10
A. Generalidades.....	11
B. Atmósferas Explosivas	11
C. Emplazamientos Peligrosos y sus clasificaciones	12
1. Principios de clasificación de las áreas de riesgo en zonas	14
D. Prevención del riesgo de explosión.....	14
III. Metodología.....	16
A. Tipo de investigación.....	17
B. Fuentes de información.....	17
1. Fuentes primarias	17
2. Fuentes secundarias	17
C. Población y Muestra.....	18

D.	Operacionalización de variables	19
1.	Objetivo específico número 1	19
2.	Objetivo específico número 2	21
3.	Objetivo Especifico número 3	23
E.	Descripción de instrumentos de Investigación	24
1.	MSDS	24
2.	Revisión de fuentes de información.....	24
3.	Matriz de recolección de datos	24
4.	Revisión documental de los registros oficiales de la empresa	24
5.	Observación no participativa	25
6.	Diagramas de distribución	25
7.	Entrevista semi-estructurada al personal encargado de la planta de procesos, producción y mantenimiento.	25
8.	Inventario de Actividades.....	26
9.	UNE-EN60079-10 (2010)	26
10.	NFPA 497 (2012).....	26
11.	NFPA 499 (2012).....	26
F.	Plan de análisis	26
IV.	Análisis de la situación actual	29
A.	Análisis de diagramas de procesos, observación no participativa, entrevistas e información de características fisicoquímicas de sustancias.	30
1.	Identificación de las sustancias y análisis de emplazamientos peligrosos (Diagramas de procesos).	30
2.	Características del proceso y emplazamientos en los cuales hay presencia de gases, vapores inflamables y polvos combustibles.	31
2.2	Planta de refinería	32
2.3	Planta de coquito.....	32
3.	Análisis de características físico-químicas de polvos combustibles, gases y vapores inflamables.....	33
B.	Identificación de fuentes de escapes, diagramas de procesos, inventario de actividades, diagramas procedimientos IEC.	34
1.	Fuentes de escape de la Planta tratamiento anaeróbico	34
2.	Planta de refinería	43

3.	Planta de coquito	47
C.	Análisis de lista de verificación.....	50
1.	Evaluación de riesgos en función de la probabilidad y consecuencia.....	50
D.	Conclusiones.....	54
E.	Recomendaciones.....	55
V.	Alternativa de Solución	1
A.	Introducción.....	7
1.	Objetivos.....	7
2.	Política Coopeagropal R.L.....	7
B.	Clasificación de zonas peligrosas debido a la presencia de atmósferas explosivas en los lugares de trabajo.	8
1.	Zonificación de las áreas de riesgo.	9
C.	Procedimiento de análisis de trabajo seguro para labores de alto riesgo-atmósferas explosivas.....	12
1.	Objetivo.....	12
2.	Alcance	12
3.	Definiciones	12
4.	Descripción	13
5.	Consideraciones especiales	15
6.	Diagrama de flujo aplicación en labores de alto riesgo.	16
D.	Plan de capacitación	17
1.	Objetivo.....	17
2.	Metas	17
3.	Alcance	17
4.	Responsabilidades	17
5.	Metodología de evaluación.....	18
6.	Seguimiento y Control	18
7.	Gestión de los Recursos.....	18
8.	Canales de comunicación.....	18
9.	Metodología de Trabajo.....	18
10.	Plan de sesión capacitaciones internas.....	19
11.	Diagrama de procesos de capacitación.....	23

E.	Señalización	24
1.	Objetivo.....	24
2.	Alcance	24
3.	Responsabilidades	24
4.	Señalización Propuesta	25
F.	Herramientas manuales para operaciones en zonas de alto riesgo.	29
1.	Objetivo.....	29
2.	Alcance	29
3.	Responsabilidades	29
4.	Utilización de herramientas en zonas de peligro.	30
5.	Consideraciones para la selección de herramientas	30
6.	Tabla de herramientas manuales mayormente utilizadas en la industria.	31
G.	Equipo de Protección Personal (E.P.P)	32
1.	Objetivo.....	32
2.	Alcance	32
3.	Responsabilidades	32
4.	Utilización del Equipo de Protección Personal	33
5.	Calzado de seguridad:.....	34
6.	Prendas de seguridad.....	35
H.	Caracterización de equipo eléctrico	36
1.	Objetivo.....	36
2.	Alcance	36
3.	Responsabilidades	36
4.	Componentes en la industria	36
5.	Consideraciones en las medidas de protección eléctrica.....	37
6.	Propuesta de las características de equipo según los emplazamientos peligrosos.	38
I.	Guía para nuevos proyectos que generen una potencial atmósfera explosiva.....	40
1.	Objetivo.....	40
2.	Alcance	40
3.	Responsabilidades	40
4.	Niveles de protección en atmósferas explosivas.....	41
5.	Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas	42

6.	Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas	43
7.	Pasos a seguir cuando existe la posibilidad de formación de atmosferas explosivas. 44	
J.	Categorías de Atmósferas Explosivas	45
K.	Apéndices.....	46
1.	Permiso de trabajo en atmosferas explosivas.....	46
2.	Planta de tratamiento anaeróbica.....	50
3.	Planta de refinería	51
4.	Planta de Coquito	52
L.	Anexos	53
1.	Características de equipos eléctricos.....	53
2.	Modos de protección.	54
3.	Símbolo IP	55
4.	Digrama de planeamiento de la clasificación de emplazamientos peligrosos.....	56
VI.	Bibliografía	108
VII.	Apéndices.....	110
A.	Herramienta para la identificación de fuentes de escape y determinación de grados de escape	111
B.	Observación No participativa	114
C.	Entrevista	115
D.	Inventario de actividades.....	116
E.	Volumen de propagación y radios de propagación según el caudal de escape para cada fuente.....	118
F.	Clasificación de emplazamientos para cada fuente de escape	121
VIII.	Anexos	124
A.	Organigrama Coopeagropal R.L	125
B.	Diagramas de procesos	131
1.	Planta de biodigestor	131
2.	Planta de refinería	132
3.	Planta de Coquito	134
C.	Hojas de seguridad - MSDS.....	135
1.	Metano.....	135

2. Ácidos Grasos	137
D. Instalación de compresores	145
E. Diámetros de fuga de válvulas, bridas y empalmes	145
F. Formulario	146
1. Volumen de escape	146
2. Determinar la densidad.....	146
3. Caudal mínimo teórico de ventilación.....	146
4. Volumen Teórico.....	146
G. Matriz para la clasificación de emplazamientos peligrosos.....	147

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Organigrama General Coopeagropal R.L.....	4
Ilustración 2 Clasificación de las Zonas de peligrosidad debido a atmósferas explosivas en Planta de tratamiento anaeróbica	42
Ilustración 3 Clasificación de las zonas de peligrosidad debido a atmósferas explosivas en Planta de Tratamiento Anaeróbica.....	43
Ilustración 4 Clasificación de las zonas de peligrosidad debido a atmósferas explosivas en la Planta de Refinería	47
Ilustración 5 Clasificación de las zonas de peligrosidad debido a atmósferas explosivas en la Planta de Coquito.....	48
Ilustración 6 Zonas de clasificación de atmosferas explosivas planta tratamiento anaeróbica.	9
Ilustración 7 Zonas de clasificación de atmosferas explosivas planta refinería	10
Ilustración 8 Zonas de clasificación de atmósferas explosivas de la planta de coquito.....	11
Ilustración 9 Diagrama de flujo aplicación en labores de alto riesgo	16
Ilustración 10 Diagrama del proceso de capacitación Coopeagropal R.L.	23
Ilustración 11 Indicadores de equipos utilizados en ATEX	41
Ilustración 12. Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas	42
Ilustración 13 Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas	43
Ilustración 14 Diagrama para identificación de peligros en atmósferas explosivas para nuevos proyectos en la industria	44
Ilustración 15 Diagrama de Proceso de Planta de tratamiento anaeróbica	131
Ilustración 16 Diagrama de proceso Refinería 1	132
Ilustración 17 Diagrama de procesos Refinería 2	133
Ilustración 18 Diagrama de proceso de Palmistería	134
Ilustración 19 Instalación correcta e incorrecta de compresores	145
Ilustración 20 Diámetro de fuga de válvulas, bridas y empalmes	145
Ilustración 21 Matriz para la clasificación de emplazamientos peligrosos	147

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de áreas para gases y vapores según IEC 60079-10 y NFPA 497	13
Tabla 2 Clasificación de zonas para polvos combustibles según IEC 60079-10 y NFPA 49913	
Tabla 3 Operacionalización de variables para el objetivo específico número 1	19
Tabla 4 Operacionalización de variables para objetivo específico números 2	21
Tabla 5 Operacionalización de variables para objetivo específico número 3	23
Tabla 6 Identificación de riesgo de formación de atmósferas explosivas	30
Tabla 7 Composición del Biogás en la planta de tratamiento anaerobio de Coopeagropal R.L	31
Tabla 8 Características fisicoquímicas de las sustancias inflamables y combustibles	33
Tabla 9 Fuentes de escape de la planta de tratamiento anaeróbico	35
Tabla 10 Cálculo de tasa de escape para cada fuente	40
Tabla 11 Resumen de volumen y radios de expansión de fuentes de escape	41
Tabla 12 Resumen de Clasificación de emplazamientos	41
Tabla 13 Lista de fuentes de escape en la planta de refinería	43
Tabla 14 Lista de fuentes de escape y clasificación de emplazamientos en la planta de coquito.	48
Tabla 15 Matriz de evaluación de riesgos de fuentes de ignición.....	50
Tabla 16 Propuesta de Señalización para zonas de riesgo ATEX	25
Tabla 17 Tabla de señalización de prohibición en zonas ATEX	27
Tabla 18 Tabla de señalización de Obligaciones en zonas ATEX.....	28
Tabla 19 Tabla de condición operacional en el uso herramientas manuales según zona ATEX y planta de proceso.....	30
Tabla 20 Herramientas manuales utilizadas en la industria.....	31
Tabla 21 Condición de uso del EPP según zona ATEX y planta de industria	33
Tabla 22 Tabla de características de calzado de seguridad	34
Tabla 23 Características de prendas de seguridad	35
Tabla 24 Características de equipos eléctricos según los emplazamientos peligrosos	38
Tabla 25 Modos de protección según los emplazamientos peligrosos.....	39
Tabla 26 Herramienta para la identificación de fuentes de escape y determinación grados de escape.	111
Tabla 27 Identificación de sustancias inflamables o combustibles.	114
Tabla 28 Actividades realizadas por los trabajadores las cuales genere una fuente de escape por fugas de sustancias inflamables o comburentes.	117
Tabla 29 Volumen y expansión para cada fuentes de escape de la planta del tratamiento anaeróbica.	118
Tabla 30 Clasificación de emplazamientos para cada fuente de escape biodigestor	121

I. Introducción

A. Identificación de la empresa

Coopeagropal R.L es una cooperativa agroindustrial de servicios múltiples, dedicada principalmente a la extracción de aceite de palma y elaboración de productos alimenticios varios para el consumo tanto nacional como internacional. (Coopeagropal R.L, 2016)

1. Misión

“Ser una empresa cooperativa de productores de palma aceitera y de servicios múltiples que desarrolla, diversifica, produce y comercializa aceites, grasas y derivados de calidad satisfaciendo los gustos y preferencias del mercado nacional e internacional, sustentable con el ambiente para el crecimiento socioeconómico de sus asociados, colaboradores y la comunidad.” (Coopeagropal R.L, 2016)

2. Visión

“Ser líderes en desarrollo, diversificación, producción y comercialización de aceites, grasas, derivados y otros servicios de calidad con alto valor agregado, en forma ética, profesional, eficiente y eficaz, comprometidos con los consumidores, los productores, los colaboradores y la comunidad, a través de un mejoramiento continuo y bienestar en armonía con el medio ambiente.” (Coopeagropal R.L, 2016)

3. Antecedentes históricos

Según Coopeagropal R.L (2016), a finales de la década de los setenta, la zona de Coto Sur se encontraba en crisis, golpeada por el abandono de las compañías bananeras que cerraron sus operaciones en el sur de Costa Rica. Un grupo de visionarios parceleros, decidieron producir un cultivo no tradicional, manejado por manos costarricenses, que generara empleo, infraestructura, bienestar y que fuera económicamente rentable.

El 3 de mayo de 1986, nace la Cooperativa de Agricultores de Palma Aceitera, Coopeagropal R.L. Se inició operaciones con un pequeño almacén de insumos y funcionaba solamente como intermediario en la venta de la fruta entre sus asociados y otras empresas. El ideal de incentivar un verdadero desarrollo en la zona llevó a la cooperativa a realizar todo el proceso que involucra la creación de aceite de palma, ya no sólo de cultivar la palma sino producir aceite y más derivados. En 1993 entra en funcionamiento una moderna planta extractora de aceite, la cual alcanza altos índices de extracción con excelentes parámetros de calidad, asegurando un producto óptimo, conforme a las exigencias del mercado, un aceite

completamente natural. (Coopeagropal R.L, 2016) Actualmente cuenta con 5 sucursales industriales y de distribución, 3 agrícolas y de recepción, 1063 hectáreas en promedio en producción propia y con 600 asociados aproximadamente.

4. Ubicación Geográfica

La cooperativa se encuentra ubicada en la zona de Laurel de Corredores, en la provincia de Puntarenas, Costa Rica.

5. Número de empleados

Coopeagropal RL, cuenta con más de 400 empleados en la planta, haciendo de esta una de las cooperativas más grandes y sólidas de Costa Rica.

Los colaboradores están distribuidos en diferentes departamentos como lo son: departamentos de industria, agronomía, asesoramiento y control de calidad, auditoría interna, recursos humanos y tecnologías de la información.

6. Proceso industrial

En la planta industrial se obtienen aceites y grasas de primera calidad para consumo masivo e industrial a partir de la fruta fresca de palma africana que llega del campo. Esto se logra mediante diversos procesos de alta tecnología (Coopeagropal R., 2016):

1. **Planta extractora:** se realizan procesos de recepción de la fruta, estilización, desfrutado, digestión y prensado, clarificación y palmistería.
2. **Planta de coquito:** se realizan procesos de almacenamiento, molienda y prensado.
3. **Planta de refinación:** se dan procesos de refinado de aceite previamente tratado.
4. **Planta de fraccionamiento:** se realiza el fraccionamiento químico de los diferentes aceites.
5. **Planta de producto terminado:** en la cual se realiza la formulación y empaque de productos, así como el almacenamiento.

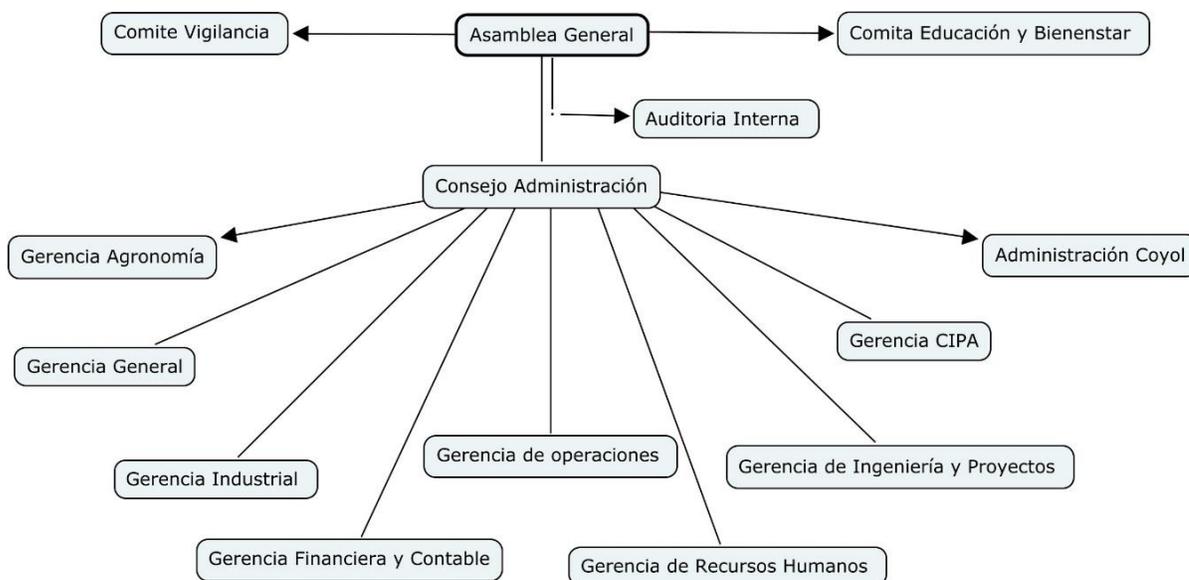
7. Mercado

El mercado de la cooperativa está concentrado a nivel interno y su función es la maquila de productos para otras empresas. Además, se dedica a la exportación de aceite crudo, oleína y estearina hacia Europa, Cuba, Estados Unidos y Centro América.

8. Estructura organizativa

A continuación, se realiza un desglose general de las diferentes jefaturas que presenta Coopeagropal. Al ser un organigrama tan amplio, en el Anexo A se puede observar el organigrama general de la cooperativa.

Ilustración 1 Organigrama General Coopeagropal R.L



Fuente: Valverde, H. 2016

B. Planteamiento del problema

En Coopeagropal R.L existen diferentes procesos que se llevan a cabo para la producción de aceite de palma, los cuales conllevan la utilización y generación de productos o agentes químicos como son: la harina de coquito, ácidos grasos, butano, propano y ácido sulfhídrico. Estas sustancias por sus características fisicoquímicas tienen el potencial de generar atmósferas explosivas; por tanto, son sustancias de gran riesgo para la salud y seguridad de los usuarios.

El riesgo asociado a las sustancias o agentes químicos mencionados con anterioridad es debido a lo siguiente (Coopeagropal R.L, 2016):

- No se contempló en el diseño, las condiciones de instalación de la nueva tecnología, debido a la contratación de terceros sin previos requisitos que contemplan medidas de

seguridad asociadas al conocimiento específico de la tecnología (generación de atmósferas explosivas).

- No se evaluaron las características explosivas de la materia prima, productos finales, subproductos o sustancias necesarias para el proceso durante la adopción de la tecnología.
- Se generaron protocolos de labores críticas para riesgos tradicionales de incendio, no para trabajar bajo la presencia de atmósferas potencialmente explosivas.

C. Justificación

A lo largo del tiempo se han presentado en diversas compañías un sin número de accidentes provocados por sustancias químicas que originan explosiones de grandes magnitudes, causando diversos daños hacia la compañía, personal y medio ambiente. Uno de éstos se presentó el 16 de febrero del 2007 en una industria llamada Valero's McKee Refinery, en la cual una unión de la tubería que transportaba propano líquido se agrietó, debido a una sobrepresión por una fuga en la válvula de cierre. De esa forma se generó la formación de una nube de vapor asociada a la sustancia, la cual se extendió por los alrededores de la planta, causando una gran explosión al momento de entrar en contacto con un punto de ignición. Las consecuencias de dicha explosión originada por la fuga de un producto inflamable, fueron las siguientes: cuatro de los colaboradores heridos con quemaduras, la planta dejó de funcionar por un período de dos meses y los daños del proceso e infraestructura fueron catastróficos (US Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2008).

Al igual que las sustancias inflamables, existen ciertos tipos de polvos combustibles, los cuales también pueden originar riesgos de explosión, debido a ciertas características físicas y químicas que conforman dichas sustancias. Un ejemplo claro de esto fue lo sucedido en una fábrica de tinta en New Jersey E.E.U.U en el año 2012, donde se originó un incendio repentino debido a la acumulación de polvo combustible en el interior de un sistema de recolección mal diseñado, provocando heridas de quemaduras a siete trabajadores, uno de ellos con quemaduras de gravedad (US Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2008).

Los accidentes mencionados tienen en común la presencia de sustancias o agentes químicos, los cuales sucedieron por acontecimientos no controlados, constituidos por explosiones o escapes de sustancias. Las consecuencias de esos accidentes según

investigaciones de la US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2008) ocasionaron muertes y lesiones de un gran número de personas dentro y fuera de las organizaciones, además de amplios daños a los bienes industriales y el medio ambiente.

Según la OIT (2000), los riesgos de accidentes mayores suelen designarse al uso y almacenamiento de sustancias químicas inflamables y/o explosivas. Las cuales debido a su característica de fisicoquímicas pueden causar desastres como los mencionados anteriormente. Por lo tanto, el riesgo de causar un accidente mayor como una explosión dependerá del carácter inherente de la sustancia química y de la cantidad acumulada en el lugar.

Según Major Hazard Incident Data Service (2016), el nivel de riesgo al que se expone una industria que utiliza material químico, el cual origina un posible ambiente rodeado de atmósferas explosivas, ha propiciado una toma de conciencia sobre la seguridad industrial, y con ella, han aparecido a nivel administrativo y técnico medidas para identificar peligros y así acotar el riesgo de accidentes industriales. *“Dentro del concepto de atmósferas potencialmente explosivas se considera aquellos emplazamientos en los que se fabriquen, procesen, manipulen, traten, utilicen o almacenen sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, susceptibles de inflamarse o explosionar, siendo sostenida la reacción por el aporte de oxígeno procedente del aire ambiente en que se encuentran”* (Escuer & Garcia, 2005).

En Costa Rica, como en el resto del mundo, el uso de sustancias peligrosas es común y necesario en algunas industrias. Según las estadísticas del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (2015), las causas de incendio por acumulación, fuga de gases, vapores inflamables y combustibles para el año 2015, representan un 11.5% de los casos totales en el país. Siendo así la tercera causa de incendio en el año con un total de 16 casos reportados, lo que es preocupante, ya que muestra la falta de controles y la falta de concientización de los riesgos relacionados al uso de productos inflamables y combustibles.

Las industrias donde se manipulen o almacenen sustancias inflamables deberían de diseñarse, operarse y mantenerse de manera que los escapes de material inflamable y en consecuencia la extensión de los emplazamientos peligrosos sea mínima, ya sea en funcionamiento normal o no en lo concerniente a la frecuencia, duración y cantidad (UNE 60079-10-01.2010).

En Coopeagropal R.L según departamento de Salud Ocupacional han ocurrido diversos accidentes e incidentes asociados a la inflamación o dispersión de gases inflamables y polvos combustibles. Para el año 2016 la capa que cubre el biodigestor presentó una rotura de gran magnitud (20 metros de largo), permitiendo así la liberación de biogás (metano) a la atmósfera ocasionando gran riesgo de explosión e inflamación de la atmosfera. Igualmente, en la planta de refinería en el 2005 ocurrieron varios accidentes al inflamarse y prender en llamas los tanques de desulfuración debido a la entrada de oxígeno y mezcla del mismo con los vapores que expide el proceso. Además, han ocurrido pequeñas explosiones en el área de coquito en el momento de tomar la muestra de harina. Estas situaciones específicas no han causado daños de gran magnitud, aparte de las lesiones de quemadura de un operario y daños a equipos.

Por lo mencionado con anterioridad, es importante para esta cooperativa analizar y controlar los posibles riesgos que involucran la utilización o presencia de los agentes o sustancia químicas inflamables y combustibles, debido a que actualmente en el proceso industrial realizado en Coopeagropal R.L, no existe una valoración específica de riesgo ante el potencial de atmósferas explosivas.

Ante un panorama de exposición a diversos riesgos, es importante la adopción de medidas para la prevención de riesgos, que incluya todas las condiciones adecuadas en los puestos de trabajo, definidas como el conjunto de factores del ambiente de trabajo que influyen sobre el estado funcional del trabajador, sobre su capacidad de trabajo, salud o actitud durante la actividad laboral (Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo, 2007).

Es de suma importancia evaluar estas sustancias o agentes, además de conocer las diferentes zonas de clasificación para proceder con programas o guías de protección contra explosiones y de trabajo seguro en la planta procesadora de aceite de palma. De esa manera se puede prevenir la ocurrencia de accidentes por explosiones, los cuales llegarían a afectar tanto a personas como a la industria.

Efectos como muertes y heridas de los colaboradores y vecinos, procesos productivos cerrados, daño en infraestructura, máquinas y ambiente, son algunos efectos que se podrían presentar en caso de una eventual detonación por acción de estas sustancias químicas mediante la creación de atmósferas peligrosas.

D. Objetivos

1. Objetivo general

Generar un modelo de protección contra atmósferas explosivas por la presencia de polvos combustibles, gases y vapores inflamables en la planta procesadora de aceite de palma africana Coopeagropal R.L.

2. Objetivos Específicos

- Identificar los emplazamientos y las características fisicoquímicas de polvos combustibles, gases y vapores inflamables presentes en el proceso de extracción de aceite de palma.
- Determinar la clasificación de las zonas según el potencial de explosividad generado por la presencia de polvos combustibles, gases y vapores inflamables.
- Elaborar planes de acción asociados a la mitigación del riesgo de explosiones durante la realización de nuevos proyectos, tareas rutinarias y no rutinarias en las áreas de clasificación.

E. Alcances y limitaciones

1. Alcances

Se elaboró una valoración específica del nivel de riesgo ante la presencia de sustancias inflamables y combustibles en la planta de tratamiento anaeróbico, planta de refinería y planta de coquito. Para esto se identificaron las propiedades fisicoquímicas de las siguientes sustancias: propano, butano, ácido sulfhídrico, ácidos grasos y harina de coquito. Además, se realizó una clasificación de zonas según el potencial de atmósferas explosivas presente en los procesos de realización de aceite de palma africana. Debido a que las sustancias representan un potencial riesgo de explosión, se podrían originar graves accidentes hacia la industria y sus colaboradores.

Se realizó un modelo de protección contra atmósferas explosivas, mediante la propuesta de planes de acción para proteger a los trabajadores de explosiones, tanto durante la realización de nuevos proyectos, como de operaciones rutinarias y no rutinarias, según las áreas de clasificación.

Las áreas de producción, extracción y refinación de aceite de palma además del biodigestor, serán beneficiadas al realizarse los controles específicos ante el riesgo de explosión según el análisis de las diferentes zonas de clasificación. El departamento de seguridad de la planta contará con las medidas de seguridad necesarias ante la presencia de atmósferas explosivas.

2. Limitaciones

Las concentraciones de todos los productos o agentes inflamables no pudieron ser determinadas mediante medidores físicos in situ, debido a que sólo se contaba con dispositivos de medición para el butano, propano y ácido sulfhídrico presentes en el sistema del biodigestor, por lo que las concentraciones de los demás productos (ácidos grasos y harina de coquito) se estimaron teóricamente según el proceso de elaboración de aceite de palma.

En la planta de coquito se hizo una estimación teórica de emplazamientos, al no disponer de datos fisicoquímicos de la harina de coquito.

II. Marco Teórico

A. Generalidades

En cualquier instalación en la que se manipulen sustancias inflamables y combustibles, debe considerarse el riesgo de explosión.

Según NFPA (2011), “una explosión se refiere a la transformación súbita de energía potencial en energía cinética con producción y liberación de gas a presión”.

Los riesgos industriales graves según la Organización Internacional del Trabajo (2000), suelen estar relacionados con la posibilidad de incendio, explosión o dispersión de sustancias químicas tóxicas. La mezcla con el aire de estas sustancias químicas por lo general está relacionada con el escape de material, volatilidad de sustancias, evaporación y dispersión del químico. Las industrias relacionadas a accidentes por explosiones son las dedicadas a actividades de producción de aceite o gas natural, refinería, minerías, tratamiento de aguas residuales, pintura y esmaltado, entre otras. Tareas como la refinería y el transporte de aceite y gas natural exponen a un riesgo mayor.

B. Atmósferas Explosivas

Según Vega Almagro (2013), una atmósfera explosiva se define como una mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables, en forma de gases, vapores, niebla o polvos, en las que tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada, originando con frecuencia una combustión rápida que genera gases calientes los cuales se expanden, dando lugar a una onda y a un frente de llama de veloz propagación.

Las explosiones son fenómenos caracterizados por el desarrollo de una presión (dentro de sistemas cerrados), o de una onda de sobrepresión (en espacios abiertos), que dan lugar a daños mecánicos, originando un BLEVE o bola de fuego.

Según Vílchez Bettini (2011), las explosiones pueden estar en el inicio de una fuga, o deberse a la evolución de una combustión auto acelerada hacia la detonación. Este se debe a factores como, por ejemplo: excesos de presión en procesos, debilitamiento de materiales por calor, frío o corrosión, fugas controladas o no, fugas corrientes, etc.

La aparición de una atmósfera explosiva debido a sustancias pulverulentas puede darse debido a la formación de una nube de polvo a partir de una fuente de escape. Los polvos pueden permanecer en suspensión, lo que crea un área potencialmente peligrosa. Por su parte, los gases o vapores pueden formarse debido a fugas originadas por válvulas, bombas, motores, etc.

Según López (2013) para la determinación de las características de combustión de la mezcla de la sustancia inflamable con el aire se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

- Puntos de ignición.
- Límites de explosividad (LIE, LSE)
- Concentración límite en oxígeno (CLO)

Para la determinación de las características de ignición de la atmósfera explosiva se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Energía mínima de ignición
- Temperatura mínima de ignición de una atmósfera explosiva
- Temperatura mínima de ignición de cada capa de polvo.

C. Emplazamientos Peligrosos y sus clasificaciones

Según UNE-EN 60079-10-1 (2010), un emplazamiento peligroso es aquel en el que una atmósfera explosiva está presente, o se espera que esté presente en cantidades tales que se requieren precauciones especiales para la construcción y uso de material. Los emplazamientos peligrosos son clasificados en zonas, basándose en la frecuencia de aparición y en la duración de la presencia de una atmósfera explosiva gaseosa o por polvos combustibles.

La clasificación de emplazamientos peligrosos es un método para analizar y clasificar el entorno donde puede aparecer una atmósfera explosiva y así facilitar la correcta selección e instalación de aparatos para ser usados con seguridad en el entorno. Esta clasificación tiene en cuenta las características de las sustancias presentes tales como densidad, inflamabilidad, energía de ignición y temperatura de ignición, puntos superiores e inferiores de explosividad, entre otras propiedades.

Según NFPA 497: “clasificar un área significa elaborar un mapa que define, entre otras cosas el volumen de riesgo dentro del cual puede ocurrir una mezcla explosiva”.

La clasificación de áreas se aplica dónde pueden existir gases, nieblas, vapores inflamables, fibras o polvos. Existen diversas clasificaciones según la normativa a seguir, ya sea IEC 60079-10 para el caso de polvos combustibles, gases y vapores inflamables o NFPA 497 para el caso de vapores y gases inflamables y NFPA 499 para polvos combustibles. A continuación, se presenta una tabla comparativa con las debidas clasificaciones según cada norma:

Tabla 1 Clasificación de áreas para gases y vapores según IEC 60079-10 y NFPA 497

Normativa	Clasificación		
	Presencia Continua	Presencia en condición normal	Presencia en condición anormal
IEC	Zona 0	Zona 1	Zona 2
NFPA (NEC Art 500)	División 1		División 2
NFPA (NEC Art 505)	Zona 0	Zona 1	Zona 2

Fuente: UNE-EN60079-10-01(2010) y NFPA 497 (2012)

Tabla 2 Clasificación de zonas para polvos combustibles según IEC 60079-10 y NFPA 499

Normativa	Clasificación		
	Presencia Continua	Presencia en condición normal	Presencia en condición anormal
IEC	Zona 20	Zona 21	Zona 22
NFPA (NEC Art 500)	División 1		División 2
NFPA (NEC Art 506)	Zona 20	Zona 21	Zona 22

Fuente: UNE-EN60079-10-02(2010) y NFPA 499 (2017)

Para la determinación de las zonas se debe realizar una serie de procedimientos, los cuales consisten en determinar las fuentes y grados de escape, el tipo de zona, extensión de la zona (caracterización de los productos o agentes presentes).

1. Principios de clasificación de las áreas de riesgo en zonas

Es importante mencionar que todas las sustancias inflamables se consideran capaces de formar atmósfera explosiva a menos que el análisis de sus propiedades demuestre lo contrario.

Para realizar la clasificación de zonas de una planta *“es necesario realizar un estudio detallado que implica el análisis de la posibilidad de aparición de atmósfera de gas explosiva de acuerdo a las definiciones de zona 0, zona 1 y zona 2, o de atmósfera explosiva de polvo, según las definiciones de zona 20, zona 21 y zona 22”*. Por lo tanto, se requiere un análisis detallado de cada equipo de proceso que contenga las sustancias y que presente una fuente potencial de escape. (Escuer & Garcia, 2005)

Es importante en primer lugar conocer y analizar las características del material, dependiendo de su composición física. Para gases se debe de analizar la densidad, punto de destello, límites de explosividad, puntos de ignición e inflamabilidad; para polvos: tamaño de partícula, humedad del polvo, temperatura mínima de ignición en nube y capa y su resistividad.

Como se mencionaba con anterioridad, la clasificación de zonas se basa en determinar la presencia de fuentes de escape (y de acumulaciones de polvo, en su caso) y en la probabilidad de que se puedan formar mezclas explosivas gas/aire o polvo/aire. Según la (Norma Europea EN 60079-10-01, 2010) las fuentes de escape se definen como *“punto o lugar desde el cual un gas, vapor, niebla, líquido inflamable o polvo combustible, pueda liberarse a la atmósfera de tal forma que se pueda formar una atmósfera explosiva”*.

Sólo cuando se evalúe la probable frecuencia y duración del escape (grado de escape), la tasa de escape, la concentración y la ventilación, se tiene una base apropiada para determinar la posible presencia de una atmósfera de gas o de polvo explosiva en las zonas circundantes.

D. Prevención del riesgo de explosión

En toda acción preventiva, la primera actuación es evitar los riesgos, impidiendo la formación de atmósferas explosivas al actuar sobre la fuente. Para lograr actuar sobre la fuente se debe disminuir todos los posibles escapes que se generen, además de tener lejos de las zonas peligrosas todas fuente de ignición que pueda iniciar una detonación. Las fuentes de ignición presentes en una industria son las siguientes:

- Energía térmica (puntos calientes)
- Energía eléctrica (equipos eléctricos, instrumentos, electrostática, puesta a tierra y descargas atmosféricas)

Otras de las formas de prevención son las medidas organizativas, cuando en un lugar de trabajo exista un riesgo potencial de explosión. Según Vélchez Bettini (2011) estas son efectivas 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. Entre las medidas organizativas utilizadas se encuentran:

- Formación e información de los trabajadores.
- Elaboración de instrucciones de trabajo por escrito.
- Aplicación de un sistema de “permisos de trabajo”.

Según Mettler & Toledo (2014), los estándares y las normativas que regulan el equipo usado en zonas con riesgo de explosión abarcan desde la evaluación de riesgos y su clasificación hasta la certificación de productos y los requisitos de protección de empleados. Según la clasificación de las zonas se considera las categorías de equipo que podrá ser utilizado los diferentes emplazamientos, las cuales se clasifican en categoría 1,2 y 3. Estas categorías dependen según el nivel de protección que se desee, ya sea muy alto, alto o normal.

III. Metodología

A. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo descriptivo debido a que se detalló el proceso de producción de aceite de palma, caracterizando las diferentes sustancias o agentes químicos que están presentes en la extracción de aceite de palma africana. La especificación de propiedades, características y cantidades de cada sustancia en análisis, fueron temas necesarios para la ejecución del presente proyecto, por lo que la recolección de información de cada una de estas variables permitió el análisis, clasificación y elaboración de una zonificación de la planta en el proceso estudiado.

B. Fuentes de información

Para el desarrollo del proyecto se tomaron en consideración fuentes primarias y secundarias, las cuales se mencionan a continuación:

1. Fuentes primarias

- Información brindada por el personal y equipo de la cooperativa Coopeagropal R.L.
- Libros.
- Norma UNE-EN-60079-10-01(2010), clasificación de emplazamientos de atmósferas explosivas.
- Normas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA).
- Decreto 681/2003 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

2. Fuentes secundarias

- Artículos y revistas relacionadas con clasificación de Atmósferas explosivas y prevención de riesgos de explosión.
- Bases de datos del Instituto Tecnológico de Costa Rica: e- libros, knovel,
- ProQuest, etc.
- NTP 29 Instalaciones de polvo, control de riesgo de explosión
- NTP 342: Válvulas de seguridad características técnicas
- Sitios Web:
 - Us Chemical Board.
 - OIT: Organización Internacional del Trabajo.
 - Instituto Navarro de Salud.
 - INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

- Manuales de instrumentos como bombas, compensadores, bridas.
- Tesis relacionadas con la clasificación de atmósferas explosivas y prevención de riesgos de explosión.
- Hands of Chemistry and Physics.

C. Población y Muestra

El proyecto se elaboró en la planta El Roble, debido a que la mayor producción y el proceso más amplio de elaboración de aceite de palma se encuentran en el lugar. Las plantas evaluadas fueron: biodigestor, refinado, coquito y fraccionamiento. Debido al grado de peligrosidad, se consideraron las siguientes sustancias:

- Gases inflamables: Biogás, presente en el biodigestor.
- Vapores inflamables: ácidos grasos, productos del proceso de elaboración de aceite de palma.
- Polvos Combustibles: harina de coquito, producto de la elaboración de aceite de palma.

D. Operacionalización de variables

1. Objetivo específico número 1

Identificar los emplazamientos y características fisicoquímicas de polvos combustibles, gases y vapores inflamables presentes en el proceso de extracción de aceite de palma.

Tabla 3 Operacionalización de variables para el objetivo específico número 1

Variables	Conceptualización	Indicadores	Instrumento/Método
Emplazamientos peligrosos donde se encuentren polvos combustibles, gases y vapores inflamables presentes en el proceso de extracción de aceite de palma.	Es un espacio en el que una atmósfera explosiva está o puede estar presumiblemente presente en una cuantía tal, como para requerir precauciones especiales en la construcción, instalación y utilización de aparatos	-Números de polvos combustibles. -Números de gases y vapores inflamables. -Distribución de polvos, gases y vapores en la planta.	-Diagramas del proceso industrial. -Revisión de procedimientos asociados a la elaboración de aceite en la planta -Observación no participativa de procesos. -Diagrama de distribución de las sustancias.
Características físico-químicas de polvos combustibles, gases y vapores inflamables.	Propiedades físicas y químicas que presentan todas las sustancias, las cuales definen su	Para gases y vapores inflamables: -Densidad relativa. -Punto de ebullición. -Punto de inflamación. -Punto de ignición.	-MSDS. -Revisión de fuentes de información.

	<p>composición, estado y comportamiento.</p>	<p>-Límite de explosividad (LIE y LSE)</p> <p>Para Polvos Combustibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Concentración explosiva mínima (CEM) -Tamaño de partícula. -Humedad del polvo. - Resistividad Eléctrica -Temperatura mínima de ignición en nube -Temperatura de ignición de la capa. - Temperatura de ignición de la nube de polvo 	
--	--	--	--

Fuente: Valverde H, 2016.

2. Objetivo específico número 2

Determinar la clasificación de las zonas según el potencial de explosividad generado por la presencia de polvos combustibles, gases y vapores inflamables.

Tabla 4 Operacionalización de variables para objetivo específico números 2

Variables	Conceptualización	Indicadores	Instrumento/Método
Identificación de las fuentes de escape para gases, vapores inflamables y polvos combustibles	Gases y vapores inflamables: Punto o lugar desde el cual un gas, vapor, niebla o líquido inflamable puede liberarse a la atmósfera de tal forma que se pueda formar una atmósfera explosiva gaseosa.	<ul style="list-style-type: none"> -Tuberías. -Válvulas de escape, seguridad, venteo. - Puntos de muestreo. -Puntos de drenaje - Sistemas cerrados. -Material inflamable expuesto. -Sellos. -Bridas, uniones y accesorios de tuberías. 	<ul style="list-style-type: none"> -Matriz de fuentes de escape considerados por la IEC 60079-10. -Plano general de localización de equipos. -Diagrama de distribución de fuentes de escape. -Entrevistas a encargados de la planta, procesos de producción y mantenimiento.
	Polvos Combustibles: Punto o lugar desde el cual la presencia de polvo combustibles puede liberarse a la atmósfera de	-Capas de polvo presente en maquinaria y componentes del proceso.	

	tal forma que se pueda formar una atmósfera explosiva.		
Determinación de grados de escape para gases, vapores inflamables y polvos combustibles.	Los grados de escape se clasifican en cuanto a la frecuencia y probabilidad de que la atmósfera de gas explosiva se presente.	-Frecuencia y duración de escape. -Tasa de escape (Tiempo exposición atmósfera/ año). - Concentración de sustancias (mg/m3). -Franja de explosividad	-Inventario de actividades. -Mediciones en el proceso y estimaciones teóricas. -MSDS
Determinación de tipo de zona según sustancias.	Los emplazamientos peligrosos son clasificados en zonas basándose en la frecuencia de aparición y en la duración de presencia de una atmósfera explosiva.	-Grado de escape y ventilación. -Extensión de la zona (metros) -Zona 0/ Zona 20 -Zona 1 / Zona 21 -Zona 2 /Zona 22	-Diagrama de procedimientos de la IEC 600-79(2010) -NFPA 497 (2012) -NFPA 499 (2012)

Fuente: Valverde H, (2016)

3. Objetivo Especifico número 3

4. Elaborar planes de acción asociados a la mitigación del riesgo de explosiones durante la realización de nuevos proyectos, tareas rutinarias y no rutinarias en las áreas de clasificación.

Tabla 5 Operacionalización de variables para objetivo específico número 3

Variables	Conceptualización	Indicador	Instrumento/Método
Planes de acción para nuevos proyectos y operaciones rutinarias y no rutinarias.	Protocolos de seguridad que contemplen aspectos de diseño, instalaciones, y acciones a seguir en labores y tareas realizadas bajo la presencia de atmósferas explosivas originadas por polvos combustibles, gases y vapores inflamables.	-Identificación y evaluación de riesgos según la clasificación de zonas asociadas a atmósferas explosivas. -Actuaciones generales para el control operativo. -Medidas de prevención mínimas ante el riesgo de explosión. -Fuentes de peligro en la creación de nuevos proyectos y operaciones rutinarias y no rutinarias.	-Análisis de riesgos de puntos de ignición mediante metodología FINE. -REAL DECRETO 681/2003 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. -Guías para la elaboración de documentos de protección contra explosiones del Instituto Navarro de Salud Laboral. -NTP 826

Fuente: Valverde H, (2016)

E. Descripción de instrumentos de Investigación

1. MSDS

Una hoja informativa sobre sustancias Peligrosas (MSDS) es un documento que da información detallada sobre la naturaleza de una sustancia química, tal como sus propiedades físicas y químicas, información sobre salud, seguridad, fuego y riesgos de medio ambiente que la sustancia química pueda causar. La información fue recolectada mediante MSDS de Coopeagropal R.L y del libro de Haynes, 2013 Hands of Chemistry and Physics. El material consultado en este instrumento fue la siguiente:

- Densidad relativa.
- Punto de ebullición.
- Punto de inflamación.
- Punto de ignición.
- Límite de explosividad (LIE y LSE).
- Tamaño de partícula.
- Humedad del polvo.
- Temperatura mínima de ignición en nube.

2. Revisión de fuentes de información

La revisión de fuentes bibliográficas tuvo como fin encontrar información brindada por normas, reglamentos, estándares, guías de formulación y guías de inspección relacionadas con el tema en estudio, que sirvieran como guía o insumo para el análisis de las variables y la formulación de la propuesta de alternativa de solución. Estas fuentes son brindadas por INSHT, IEC, INTECO, NFPA.

3. Matriz de recolección de datos

Consiste en un instrumento para la recolección de datos que asocia diferentes variables. Se utilizó para la identificación de las fuentes de escape y determinación de grado de escape (ver Apéndice A). (Becerra V, 2012)

4. Revisión documental de los registros oficiales de la empresa

Herramienta que permitió la recolección y análisis de información de documentos oficiales de la empresa, que muestran el estado de la compañía. Estos documentos fueron brindados por Coopeagropal R.L, 2016. Se analizaron y revisaron los siguientes documentos:

- Diagramas del proceso industrial: El uso del diagrama de procesos permitió saber cuáles son las sustancias químicas o agentes químicos presentes en los diferentes puntos del proceso, además de que permitió encontrar puntos de escape y fuga en las zonas.
- Revisión de procedimientos en la planta: La revisión de procedimientos comprende el análisis y comprensión del proceso de elaboración, extracción y refinación de aceite de palma. Además, indica el uso de materias primas y productos y subproductos obtenidos de los procesos.
- Revisión de los procedimientos de trabajo que influyen en la gestión de comunicación de riesgo asociado a atmosferas explosivas: Identificar situación actual en cuanto a guías de protección.
- Plano general de equipos: herramienta utilizada para la identificación y análisis de planos de la planta para identificar los equipos utilizados en el proceso industrial.

5. Observación no participativa

Es un método de recolección de información según Hernandez Sampieri, (2015) se basa en la observación. La finalidad de su aplicación fue obtener datos relevantes acerca del área o proceso en estudio. Se aplicó la siguiente observación no participativa:

- Observación no participativa para determinar la cantidad de sustancias en los lugares de almacenamiento y su peligrosidad (ver apéndice B).

6. Diagramas de distribución

- Diagrama de distribución de sustancias: Herramienta utilizada para identificar y localizar en la planta las sustancias presentes en las diferentes fases del proceso industrial.
- Diagrama de distribución de fuentes de escape: Herramienta utilizada para identificar y localizar los diferentes puntos de escape presentes en el proceso industrial.

7. Entrevista semi-estructurada al personal encargado de la planta de procesos, producción y mantenimiento.

Entrevista semi-estructurada al personal encargado de la planta de procesos, producción y mantenimiento. Esta entrevista semi-estructurada fue dividida en dos secciones; la primera contiene una serie de preguntas que fueron formuladas con anterioridad y poseen un orden específico, y la segunda consiste en preguntas que

surgieron en medio de la entrevista. Se determinaron aspectos relacionados con el grado de escape en las posibles fuentes. Estas entrevistas se le hicieron a personal encargado del mantenimiento con el único fin de conocer cuáles eran las tareas establecidas en la realización de mantenimiento tanto preventivo como correctivo (ver apéndice C). (Becerra V, 2012)

8. Inventario de Actividades

Es un inventario en el cual se registraron todas las tareas realizadas por funcionarios que generen una fuente de escape, con el fin de identificar la frecuencia y duración de las mismas (ver apéndice D).

9. UNE-EN60079-10 (2010)

Normativa utilizada para el análisis de gases y vapores inflamables y polvos combustibles con el fin de realizar el procedimiento de clasificación de emplazamientos peligrosos, en la cual se analizaron las fuentes de escape, tipos de zonas, extensión de zona y ventilación. Los procedimientos a seguir fueron los indicados por la norma.

10. NFPA 497 (2012)

Práctica recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de áreas peligrosas para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico. Ésta aplicó a aquellos sitios donde se procesan o manipulan gases o vapores inflamables, líquidos inflamables o líquidos combustibles; y donde su liberación a la atmósfera podría resultar en su ignición causada por los sistemas o equipos eléctricos.

11. NFPA 499 (2012)

Práctica recomendada para la clasificación de polvos combustibles y de áreas peligrosas para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico. Ésta aplicó a aquellos sitios donde se procesan polvos combustibles, líquidos inflamables o líquidos combustibles, y donde su liberación a la atmósfera podría resultar en su ignición causada por los sistemas o equipos eléctricos; es utilizada para la clasificación de zonas.

F. Plan de análisis

En este apartado se da una descripción del plan de análisis por objetivo, donde se presentan los instrumentos de recolección y de análisis de información.

Objetivo 1. Identificar los emplazamientos y características fisicoquímicas de polvos combustibles, gases y vapores inflamables presentes en el proceso de extracción de aceite de palma.

Este objetivo corresponde a la fase de diagnóstico, por lo que se recolectó información necesaria para la elaboración del siguiente objetivo. Se utilizaron las siguientes herramientas:

- Diagrama de procesos de la industria y revisión de procedimientos: El diagrama se solicitó al departamento de ingeniería para la recolección de datos del proceso como: tareas que intervienen, sustancias del proceso, distribución de las sustancias y procedimientos. El diagrama permitió determinar los emplazamientos a ser analizados en el objetivo número 2.
- Observación no participativa en los procesos: con ella se determinó los tipos de sustancias inflamables y combustibles, la cantidad utilizada, observaciones generales de los procesos.
- Hojas de datos de seguridad (MSDS) y revisión de fuentes de información: mediante esta herramienta se recolectó información de propiedades fisicoquímicas pertinente a las sustancias encontradas que contribuyen a la formación de atmósferas explosivas. Posteriormente, se realizó una tabla que contenía cada sustancia y sus propiedades para ser analizadas en el objetivo 2.

Objetivo 2. Determinar la clasificación de las zonas según el potencial de explosividad generado por la presencia de polvos combustibles, gases y vapores inflamables.

Para este objetivo se utilizó la normativa IEC 60079-01-20010 para el análisis del potencial de atmósferas explosivas; además, se tomaron en cuenta aspectos normativos de la Normas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA).

Se analizaron todas las posibles fuentes y grados de escape de las sustancias, mediante una matriz de fuentes de escape consideradas por la IEC 60079-10-2010. Para esto se utilizaron los planos de las máquinas e instalaciones (ver anexo A), entrevistas a ingenieros químicos, de producción y personal de mantenimiento, con lo cual se generó un inventario de actividades. Estas herramientas cuentan con datos que permitieron la recolección de información necesaria para la clasificación de las

atmósferas explosivas. Posteriormente, se realizaron tablas de distribución de cada fuente de escape clasificadas en continua, primarias o secundarias.

Con los datos mencionados con anterioridad se procedió a la clasificación de las zonas según lo estipulado en la normativa IEC 6000- 79 para gases y vapores inflamables y polvos combustibles.

Una vez clasificados los emplazamientos donde se da un riesgo por atmósferas explosivas, se procedió analizar las condiciones y protocolos de protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas. Para esto se realizó una evaluación de riesgos según las posibles fuentes que podrían dar la activación de la atmósfera explosiva.

- Objetivo 3. Elaborar planes de acción asociados a la mitigación del riesgo de explosiones durante la realización de nuevos proyectos, tareas rutinarias y no rutinarias en las áreas de clasificación.

En este objetivo se realizó una guía de protección contra explosiones basada en un documento para la elaboración de las mismas del Instituto Navarro de Salud Laboral para nuevos proyectos, operaciones rutinarias y no rutinarias. Las guías son pautas a seguir ya sean de tipo técnicas u organizacionales que pretendían disminuir los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

Para la elaboración de éstas se contemplaron los datos analizados y recolectados en los objetivos anteriores; además, se realizó una evaluación de los riesgos de los puntos de ignición en las zonas clasificadas como peligrosos por la presencia de atmósferas explosivas.

IV. Análisis de la situación actual

A. Análisis de diagramas de procesos, observación no participativa, entrevistas e información de características fisicoquímicas de sustancias.

1. Identificación de las sustancias y análisis de emplazamientos peligrosos (Diagramas de procesos).

En la tabla 6 se puede observar un resumen de las sustancias químicas presentes en la planta anaeróbica, refinería de aceite y producción de harina de coquito, recopilados por medio de observaciones no participativas realizadas de los procesos y entrevistas a encargados. Estos químicos son utilizados o producidos en los procesos que se realizan en la industria, los cuales representan un riesgo significativo. A continuación, se describe los productos que se encuentran en mayor cantidad y que son utilizados o producidos en las plantas, los cuales tienen un riesgo significativo para la salud o seguridad en la industria y usuarios.

Tabla 6 Identificación de riesgo de formación de atmósferas explosivas

Nombre producto	Características de sustancia	Cantidad
Biogás	Explosivo Inflamable Tóxico	5000m ³ (5x10 ⁶ L)
Ácidos grasos	Inflamable en contacto con fuego y calor Irritante en cualquier vía de contacto	7 toneladas
Harina de Coquito	Combustible	13 toneladas

Fuente: Valverde, H.

Por las características de las sustancias anteriores representan un riesgo de generar una potencial atmósfera explosiva en caso en que las concentraciones estén entre los límites de explosividad de cada sustancia. Las plantas en las cuales están presentes dichas sustancias son las siguientes:

- Planta de tratamiento anaeróbica: biogás
- Planta de refinado de aceite: ácidos grasos
- Planta de coquito: harina de coquito.

2. Características del proceso y emplazamientos en los cuales hay presencia de gases, vapores inflamables y polvos combustibles.

2.1 Planta de tratamiento anaeróbica.

El biodigestor se encuentra al aire libre, donde la velocidad del viento es en promedio de aproximadamente 2.5 m/s.

El biogás está compuesto de diferentes sustancias, las cuales están mezcladas en diferentes proporciones. En la siguiente tabla se presenta la composición y concentración de la mezcla de biogás a en una temperatura constante de aproximadamente 30°C (temperatura del proceso):

Tabla 7 Composición del Biogás en la planta de tratamiento anaerobio de Coopeagropal R.L

Componente	Concentración
Metano (CH ₄)	55-65%
Dióxido de Carbono (CO ₂)	30-35%
Oxígeno O ₂	<5%
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	1600 ppm

Fuente: Coopeagropal R.L, 2016

Al estar el biogás compuesto de esta manera, se toma el metano como el principal componente que genere una atmósfera explosiva, debido a la concentración y características de inflamabilidad de esta sustancia.

El biogás se mantiene encerrado en una carpa a una presión de 2 a 5 mbar; dentro de ésta se encuentra en constante producción debido a los procesos que realizan las bacterias en los lodos producidos por componentes orgánicos de la planta de palma africana. Posteriormente es distribuido hacia una planta y generador de energía con su debido tratamiento, mediante tuberías a una presión que oscila entre 60 y 70 mbar.

El biogás producido en el reactor anaerobio B5 / B6 (ver anexo B.1) debe ser extraído de la cubierta del reactor. De lo contrario, la presión aumentará hasta que la cubierta se dañe. Hay dos sopladores de gas (V1, V2) instalados para la descarga automática de biogás de la cubierta del reactor B5 / B6. Ambos sopladores funcionan con un caudal constante de 750 m³/h, y transfieren el biogás hacia la antorcha (línea de gas G2 + G3) y hacia la planta de desulfurización (línea de gas G4 + G5).

Si la presión de la carpa aumenta más o igual a 5.1 mbar "nivel de seguridad 1", el soplador V1 se acciona sacando gas hacia la antorcha (se abre la línea de gas G2 + G3) y el biogás es quemado en la antorcha. Al aumentar la presión en la carpa de 5.3 a 7.3 mbar "nivel de seguridad 2", la válvula de seguridad de descarga de presión V068

se abre lentamente (se abre la línea de gas G1), hasta que un nivel de presión final conduce a la completa descarga de biogás de 1000 m³/h en la atmósfera.

Es de suma importancia saber que este producto está compuesto también por ácido sulfhídrico, ya que esta sustancia tiene la particularidad de ser inflamable y además tóxico en concentraciones muy por debajo de las que posee este sistema.

2.2 Planta de refinería

La planta de refinería cuenta con dos procesos sistematizados divididos en refinería 1 y refinería 2, en la cual el objetivo es poder separar las sustancias provenientes del aceite crudo de palma para elaborar aceites refinados utilizados en la elaboración de productos alimenticios en producto terminado. La sustancia originada en este proceso que presenta características explosivas es el ácido graso. Estos son generados en los desodorizadores de refinería 1 y 2.

El proceso de desodorización se realiza en confinamiento, bajo vacío (presión negativa 4 mbar) y a temperaturas elevadas. Las características mencionadas del proceso hacen que éste sea de alto riesgo, esto debido a que la temperatura oscila entre 240 a 270 °C, por lo que está por encima del punto de inflamabilidad del ácido graso.

El proceso (ver Anexo B.2) consiste en una destilación por medio de arrastre con vapor bajo condiciones de vacío, en donde se da la destilación de volátiles y ácidos grasos, los cuales se confinan en un condensador para luego ser bombeados al tanque de almacenamiento.

La concentración promedio de ácidos grasos ronda el 86% en la refinería 1 y 83% en la refinería 2. Esta acidez está determinada con base al ácido palmítico pues es el método de análisis que se sigue para su determinación. La cantidad promedio de ácidos grasos diaria de la refinería 1 es de 4.5 toneladas y en la refinería 2 es de 2.5 toneladas.

2.3 Planta de coquito.

Esta planta se encuentra ubicada en palmistería, específicamente en la planta de producción de harina de coquito. Este producto, al ser particulado y tener mayor superficie de oxidación es más combustible y por lo tanto, presenta un riesgo significativo de explosión, debido a que se presenta a una temperatura cercana a los 30°C y en procesos de dispersión y movimiento por medio de bandas transportadoras para ser almacenada.

La planta recibe la almendra sin cascarilla y debidamente deshidratada de los silos de almacenamiento. Las tolvas se alimentan a través de tornillos sinfín; seguidamente la harina de coquito ingresa a los molinos trituradores en donde se prepara la almendra para ser introducida en las prensas de trituración para extraer el aceite de palmiste. El aceite extraído es filtrado para retener las impurezas y luego almacenado en el tanque destinado para tal propósito. (Ver apéndice B.3)

La prensa expulsa una torta comprimida que se transporta por un tornillo sinfín para refinarla por medio de un molino; luego se empaqueta en sacos de 46.10Kg y se almacena en una bodega.

3. Análisis de características físico-químicas de polvos combustibles, gases y vapores inflamables

La tabla 8 muestra un resumen de las características físico químicas recopiladas de cada uno de los compuestos estudiados.

Tabla 8 Características fisicoquímicas de las sustancias inflamables y combustibles

Características físico químicas de sustancias inflamables y polvos combustibles			
Sustancias	Biogás (metano)	Ácidos grasos	Harina Coquito
Características			
Emplazamiento	Planta tratamiento anaeróbica	Refinería	Palmistería
Estado Físico	Gaseoso	Gaseoso/vapor	Sólido-particulado
Densidad (Kg/m ³)	0.7175	0.88 g/cm ³ *	-
Densidad relativa en aire (Kg/m ³)	0.5549	1.1	-
Punto de inflamación	<25°C	> 225	
Masa molar (Kg/Kmol)	16.043	256.4	-
Punto de ebullición (°C)	-162	-	N/A
Punto de auto ignición (°C)	595	340	N/A
LIE (%)	4,40	6.00	N/A
LSE (%)	17.00	31.00	N/A
LIE _m (Kg/m ³)	0.033	0.64	N/A
Humedad (%)	N/A	N/A	9
Concentración Temperatura mínima	N/A	N/A	-
Tamaño de partícula	N/A	N/A	-

Fuente: Valverde, H. 2016

El metano tiene una densidad menor que la del aire; debido a esta característica, se presume que en caso de fuga, el metano se acumulará en las partes superiores. Por lo

tanto esta sustancia tiende a distribuirse por encima de las fuentes de escape. El punto de ebullición del metano es muy bajo, el estado físico a temperatura ambiente es en forma de gas. El punto de inflamación está por debajo de los 25°C, lo que representa un riesgo alto al estar en contacto con alguna fuente de ignición que supere esta temperatura.

En el caso de los ácidos grasos, éstos presentan una densidad superior a la del aire por lo tanto en una eventual fuga se almacenarán en lugares próximos al suelo, por debajo de la fuente de escape. Su temperatura de ignición está por debajo de los 225°C; lo que representa un riesgo significativo dado que el proceso en el que se generan estos vapores es realizado a temperaturas mayores (240 a 270 °C) a las de su punto de ignición.

Con respecto a la harina de coquito, según Eckhoff (2005) los materiales orgánicos en estado de polvo y con áreas pequeñas pueden ser explosivos. Para la harina de coquito no se cuenta con mayor información de propiedades físico químicas de esta sustancia, por lo que su análisis es meramente teórico. Sin embargo, al ser un material orgánico y articulado tiende a ser explosivo por lo que genera el riesgo de ocasionar atmósferas explosivas al estar disperso en el aire.

B. Identificación de fuentes de escapes, diagramas de procesos, inventario de actividades, diagramas procedimientos IEC.

A continuación, se presenta la identificación de las posibles fuentes de escape y su respectivo análisis del grado de escape, ventilación, clasificación y extensión de las zonas para cada una de las plantas.

1. Fuentes de escape de la Planta tratamiento anaeróbico

En la tabla 9 se presenta un resumen de las posibles fuentes de escape, categorizándolas por origen, con su respectiva identificación en el diagrama de proceso (ver Anexo B.1) y el grado de escape, determinado según su frecuencia.

Tabla 9 Fuentes de escape de la planta de tratamiento anaeróbico

Fuentes de escape tratamiento anaeróbico				
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G1)				
Origen	Fuente de escape	Identificación	Grado de escape	Presión (mbar)
Válvula	Válvula de seguridad	V068	Secundario	6-7
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G2+G3+G6)				
Origen	Fuente de escape	Identificación	Grado de escape	Presión (mbar)
Motor	Blower	V1	Primario	70
Compensadores	Compensador	C35	Secundario	70
	Compensador	C37	Secundario	70
	Válvula de paso	K069	Secundario	2.5
	Válvula Check	R070	Secundario	70
	Válvula de paso	K071	Secundario	70
	Válvula de emergencia	K072	Secundario	70
	Válvula de paso	K073	Secundario	70
	Válvula paso	K074	Secundario	70
Descargas	Salida antorcha	-	Primario	70
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G4+G5)				
Motor	Blower	V2	Primario	60
Compensadores	Compensador	C27	Secundario	60
	Compensador	C28	Secundario	60
Válvulas	Válvula de paso	K077	Secundario	60
	Válvula Check	R078	Secundario	60
	Válvula de paso	K079	Secundario	60
	Válvula de emergencia	K080	Secundario	60

	Válvula de muestreo	H081	Primario	60
	Válvula paso	K082	Secundario	60
	Válvula de paso	K135	Secundario	60
	Válvula de bola	BV73	Secundario	60
	Válvula de paso	K136	Secundario	60
Entradas /Salidas	Manhole DS		Secundario	60
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G7+G8)				
Motor	Blower	V3	Primario	70
	Blower	V4	Primario	70
Compensadores	Compensador	C31	Secundario	70
	Compensador	C32	Secundario	70
	Compensador	C33	Secundario	70
	Compensador	C34	Secundario	70
Válvulas	Válvula de paso	K086	Secundario	70
	Válvula Check	R087	Secundario	70
	Válvula de paso	K088	Secundario	70
	Válvula de paso	K089	Secundario	70
	Válvula Check	R090	Secundario	70
	Válvula de paso	K091	Secundario	70
	Válvula de emergencia	K101-	Secundario	70
	Válvula de emergencia	K102	Secundario	70

Fuente: Valverde H, 2016

1.1 Caudal de escape

Para el caso de las fuentes de escape del biodigestor se realizó el análisis según el escenario más probable y el más crítico. El caudal estimado para algunas fuentes fue tomado de datos de fabricantes de equipos y los otros se calcularon a partir de una equivalencia de proporcionalidad (Ver apéndice F.1).

El caudal del sistema que transporta el gas metano es de $750 \text{ m}^3/\text{h}$ por medio de tuberías de diámetro de 150 mm con un área total de aproximadamente $17\,663 \text{ mm}^2$ (forma circular).

- **Válvula de seguridad V068**

Escenario Crítico

El sistema en el cual está el metano alcanza una sobre presión de 7,3 mbar debido a la acumulación de gas en la carpa, la válvula de seguridad es activada y libera un caudal máximo de $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Escenario Probable

Se da el accionamiento de nivel de seguridad 2 debido a sobrepresión del sistema. El rango de presión mínimo para la activación de esta válvula es de 5.4 mbar, liberando gradualmente hasta volver a alcanzar el rango de presión operable. Se calculó una ecuación lineal, la cual sirve para conocer el caudal de escape de la válvula en diferentes presiones a partir de la activación del nivel de seguridad 2 (5.3 mbar).

$$y(x) = 500x - 2650$$

Siendo, $y(x)$: Caudal en m^3/h , x : Presión en mbar

Por lo que el caudal mínimo estimado a una presión de 5.4 mbar es de $50 \text{ m}^3/\text{h}$.

- **Blower (sopladores)**

Escenario Crítico

En los sopladores se presentan fugas por diversos factores; según The Spencer Turbine (2009), las fugas se deben al mal mantenimiento, lo que ocasiona desgaste de los sellos del soplador. El caudal de fuga estimado para este caso es de $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

Escenario probable

Según The Spencer Turbine. (2009), las fugas de gas ocurren con mayor frecuencia donde el eje motriz atraviesa la carcasa del soplador. El caudal de fuga de un soplador debido al diseño es de aproximadamente $0.2 - 1.7 \text{ m}^3/\text{h}$.

- **Compresores de goma**

Escenario Crítico

La fuga en los compresores de goma se debe al ajuste incorrecto al momento de realizar la colocación de los mismos, ya que los tornillos no van a realizar el sello adecuado que va entre la goma del compresor y la brida (Ver figura Anexo D). Dejando una fuga de escape de 100 mm x 1 mm, se genera un área de escape de 100 mm^2 . Se realizó una estimación de caudal de escape de metano de $4.24 \text{ m}^3/\text{h}$.

Escenario probable

- **Válvulas**

Escenario Crítico

Las fugas que ocurren en las válvulas son debido al debilitamiento de las mismas a causa de la corrosión o las vibraciones, rotura, así como golpes con carretillas, grúas u otros equipos móviles que pueden generar impactos. El área estimada de escape es de 150 mm^2 provocando un caudal de escape de metano de $6.36 \text{ m}^3/\text{h}$.

Escenario Probable.

Según Instituto de Seguridad y Salud Laboral de Castilla y León.(2010), en la práctica industrial (ver figura anexo E), se puede considerar un área de orificio por escape del vástago de 0.25 mm^2 . Desgaste del cierre del vástago debido a la frecuencia del uso. Este desgaste provocará una fuga. Se estima un caudal de escape de $0.01 \text{ m}^3/\text{h}$.

- **Muestras**

Escenario crítico

Válvula de muestreo se deja abierta por error o descuido humano. El área de escape de las válvulas de muestreo es de 176 mm^2 al tener un diámetro de 15 mm. Se estima un caudal de escape de $7.47 \text{ m}^3/\text{h}$.

Escenario Probable

En la práctica industrial, el área de orificio por escape del vástago se toma como una válvula normal (ver figura anexo E) considerando un área de 0.25 mm^2 . Desgaste del cierre del vástago debido a la frecuencia del uso. Este desgaste provocará una fuga. Se estima un caudal de escape de $0.01 \text{ m}^3/\text{h}$.

Antorcha

Escenario Crítico

Fallo en el encendido del quemador por lo que se da la liberación de biogás sin producirse la combustión para que éste sea quemado. Se estima una liberación máxima producida por el caudal máximo de antorcha de $750 \text{ m}^3/\text{h}$.

Escenario probable

Concentraciones de biogás por pequeñas fugas que se den en el quemador. Se estima una fuga de 1% del caudal, lo cual tiene un caudal de $7.5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Carpa

Escenario critico

Debido a la flexibilidad de la carpa, la contracción y dilatación de ésta, además de los vientos que recibe la carpa tiende a agujerarse. El agujero más grave reportado que se ha presentado fue de una extensión de $25\text{m} \times 0,5\text{m}$ aproximadamente. Por lo tanto, el área de escape es de 12.5 m^2 - el caudal de fuga que se da es de $3.50 \text{ m}^3/\text{h}$.

Escenario Probable

La carpa no es un sistema 100% hermético, por lo que en sus 4 esquinas se da la liberación de biogás. Cada esquina tiene una apertura de $0,25\text{m}^2$, sumando una superficie total de escape de 1m^2 . La dimensión completa del tanque del biodigestor es de 17.663 m^2 aproximadamente. Por lo tanto, el caudal de fuga de es de $2.88 \text{ m}^3/\text{h}$.

1.2 Tasa de Escape

Para calcular la tasa de escape se hizo uso de la densidad del metano y el volumen de escape calculado anteriormente para cada fuente de escape (ver fórmulas anexo F). En la siguiente tabla se expresan la tasa de escape por escenario y fuente de escape.

Tabla 10 Cálculo de tasa de escape para cada fuente

Cálculo de las tasas de escape					
Origen	Escenario	Densidad CH ₄ (Kg/m ³)	Volumen (m ³)	Tasa de escape (Kg/h)	Tasa de escape (Kg/s)
Válvula de seguridad	C	0.7175	1 000	717.50	0.1993
	P	0.7175	50	35.88	0.0100
Sopladores	C	0.7175	10	7.18	0.0020
	P	0.7175	1.7	1.22	0.0003
Compresores	C	0.7175	4.24	3.04	0.0008
	P	0.7175	0.04	0.03	0.0000
Válvulas	C	0.7175	6.36	4.56	0.0013
	P	0.7175	0.01	0.01	0.000002
Muestras	C	0.7175	7.47	5.36	0.0015
	P	0.7175	0.01	0.01	0.000002
Antorcha	C	0.7175	750	538.13	0.1495
	P	0.7175	7.5	5.38	0.0015
Carpa	C	0.7175	3.5	2.51	0.0007
	P	0.7175	2.88	2.07	0.0006

C: Crítico P: Probable

Fuente: Valverde, H. 2016.

Para los cálculos posteriores se hizo uso del escenario más crítico, para efectos de establecer los parámetros de las distancias de peligro para cada fuente de escape.

1.3 Volumen teórico y extensión de los emplazamientos

Se calculó el volumen teórico (ver anexo F.3) en el cual se analizó el escape suponiendo la formación de una esfera, para posteriormente calcular la extensión y radio de propagación calculado por el volumen de la esfera (ver Anexo F.2).

El volumen teórico de expansión y los radios de propagación para cada fuente de escape se pueden ver en el apéndice E. A continuación, la tabla representa un resumen por origen de fuente de escape.

Tabla 11 Resumen de volumen y radios de expansión de fuentes de escape

Origen	Caudal ventilación (m³/s)	Volumen (m³)	Radio (m)
Válvula seguridad	13.1849	439.4968	4.71
Motor	0.2646	17.6416	1.61
Compensadores	0.0529	3.5283	0.94
Válvulas	0.0860	2.8668	0.88
Descarga antorcha	19.7807	659.3555	5.4
Válvula muestreo	0.1985	6.6156	1.16
Carpa	0.0926	3.0873	0.9

Fuente: Valverde, H. 2016.

1.4 Ventilación y clasificación de zonas

En el caso del biodigestor, éste está al aire libre, al igual que la mayoría de las fuentes de escape. Se considera un grado de ventilación media, debido a que el volumen teórico (V_z) es menor que el volumen de todo el espacio dentro del dominio de la planta. La disponibilidad del viento puede considerarse como buena debido a que el valor promedio de la velocidad del viento está por encima de los 0,5 m/s. Para la clasificación de emplazamientos se utiliza la matriz de la IEC (ver anexo K). La tabla completa se puede ver en el apéndice F. Sin embargo, a continuación se presenta un resumen de la clasificación según el origen de fuente de escape.

Tabla 12 Resumen de Clasificación de emplazamientos

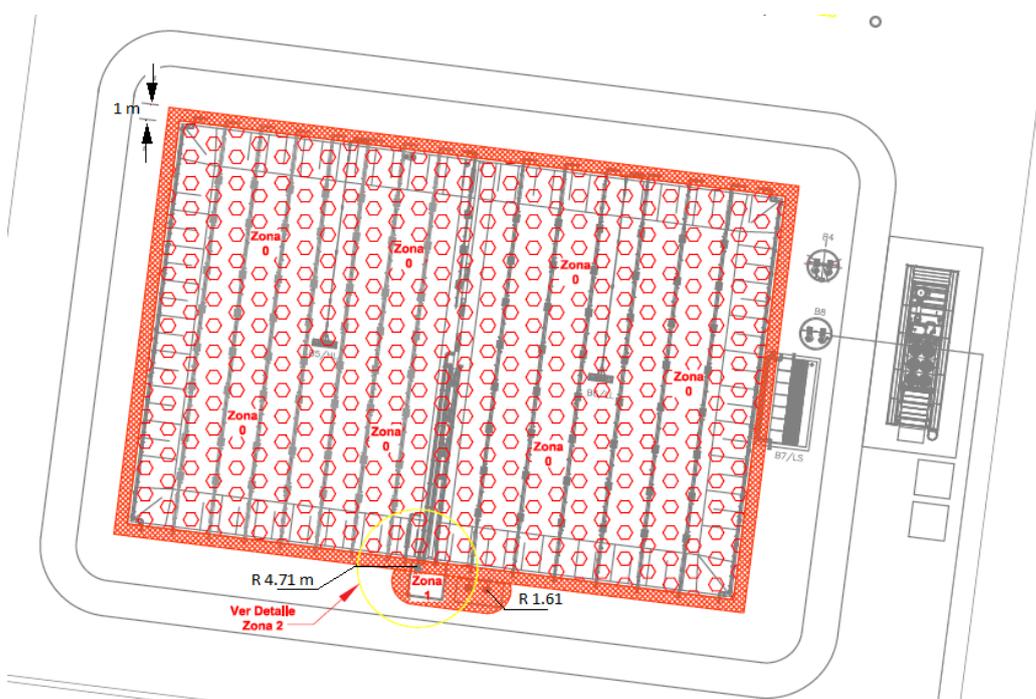
Origen	Ventilación	Grado de escape	Clasificación de Emplazamiento
Válvula de seguridad	VM- Buena	S	Zona 2
Motor	VM- Buena	P	Zona 1
Compensadores	VM- Buena	S	Zona 2
Válvulas	VM- Buena	S	Zona 2
Descarga antorcha	VM- Buena	P	Zona 1
Válvula muestreo	VM- Buena	P	Zona 1
Carpa	VM- Buena	P	Zona 1
Interior de tubería	Bajo	C	Zona 0

Interior Carpa	Bajo	C	Zona 0
----------------	------	---	--------

VM: Ventilación Media P: Primario S: Secundario C: Continuo

Fuente: Valverde, H. 2016.

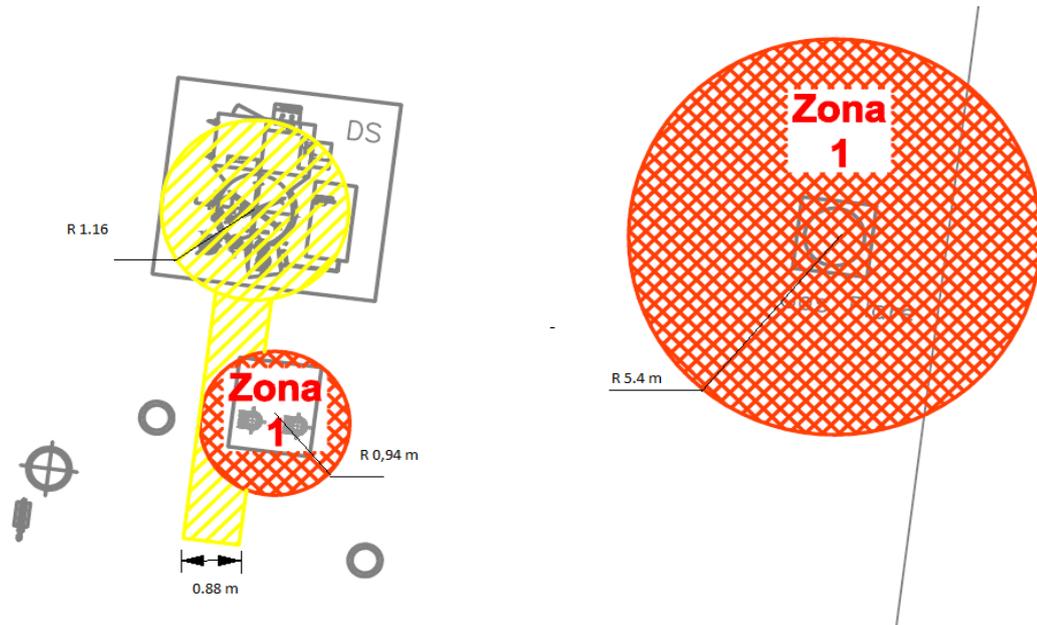
Ilustración 2 Clasificación de las Zonas de peligrosidad debido a atmósferas explosivas en Planta de tratamiento anaeróbica



Fuente. Valverde H, 2016

La ilustración anterior muestra las zonas de clasificación presentes en la carpa del biodigestor, blowers y válvulas de escape. Las cuales dentro de la carpa se presenta una zona 0 con un grado de peligrosidad mayor. En el perímetro alrededor del biodigestor se encuentra una zona de peligrosidad 1 de 1 metro. La fuente de escape relacionada con la válvula de seguridad.

Ilustración 3 Clasificación de las zonas de peligrosidad debido a atmósferas explosivas en Planta de Tratamiento Anaeróbica



Fuente. Valverde H, 2016

En esta área se encuentran zonas de clasificación de clase 2 y 1, en la cuales se encuentran los motores, las válvulas, válvulas de muestreo y la antorcha.

2. Planta de refinería

Tabla 13 Lista de fuentes de escape en la planta de refinería

Lista de fuentes de escape Refinería					
Fuentes de escape de refinería 1					
Origen	Fuente de escape	Identificación	Grado de escape	Presión (mbar)	Dimensiones (m ²)
Sistemas predorizador	Manhole	DF.RF101	Secundario	4	0.7854
Sistema de Desodorizador	Manhole	DE.RR101	Secundario	4	0.7854
	Manhole	DE.RR101	Secundario	4	0.7854
Condensador	Entrada	D2.RK101	Secundario	4	0.0176
Fuentes de escape de refinería 2					
Condensador Scrober	Manhole	R2	Secundario	4	0.7854
	Manhole	R2	Secundario	4	0.7854
Desodorizador	Manhole	R2	Secundario	4	0.7854

Fuente Valverde, H. 2016.

2.1 Tasa de escape

Escenario crítico:

Como se había mencionado anteriormente, el problema fundamental en este equipo es la entrada de oxígeno a los equipos confinados, lo que ocasionaría que se presenten los factores necesarios para una detonación. Por lo tanto, el escenario crítico representa la abertura de estos sistemas, sin haber realizado la descarga, enfriamiento y ventilación correcta de la concentración de ácidos grasos que se producen dentro de estos equipos.

Predorizador Refinería 1 (Manhole)

La cantidad promedio diaria es de 2.3 toneladas de ácidos grasos, lo que representa 95.83 Kg/h, aproximadamente 0.0266 Kg/s. Se estima con la fórmula (ver apéndice E.3) un caudal mínimo teórico de ventilación de aire fresco necesario para diluir un escape dado de una sustancia inflamable, hasta una concentración por debajo del límite inferior de explosividad.

$$\frac{dV}{dt} \text{ min} = \frac{0,0266}{0,25 * 0,64} * \frac{543.5}{293}$$

El caudal mínimo teórico de ventilación es de $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$. El área del manhole es de $0,7853 \text{ m}^2$ y la velocidad del aire promedio en la zona es de $0,5 \text{ m}/\text{s}$, permitiendo un caudal de ventilación de $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$. Por lo tanto, en una apertura inferior a la del área completa del manhole, no entra suficiente caudal para diluir la concentración por debajo del LIE, provocando una zona potencialmente explosiva.

Se calcula el volumen teórico con la fórmula E.4 del envolvente inflamable desde la fuente de escape; con esto se determina el grado de ventilación y el radio de dispersión de volumen teórico.

$$V_z = \frac{4 * 0,31}{0,03}$$

Se utiliza un factor "f" para el flujo de aire de 4, al estar obstaculizado por diversas máquinas y un caudal de 0.03 debido a que la velocidad promedio del aire es mayor o igual a $0.5 \text{ m}/\text{s}$ por lo que el número de renovaciones de aire por unidad de tiempo es de 0,03. El volumen teórico de ventilación es de 41.33 m^3 . Al ser mayor que el volumen

afectado de las proximidades de la fuente de escape, el grado de ventilación es bajo, con una disponibilidad de ventilación aceptable, por lo que según el diagrama del anexo F se clasifica como un emplazamiento zona 1 e incluso zona 0.

El radio de extensión se calcula con la fórmula del anexo E.2, dando lugar a la zona cero dentro del predorizador y zona 1 en radio de 2.14 metros.

Desodorizador refinería 1 (Manhole)

La cantidad promedio diaria es de 4.5 toneladas de ácidos grasos, lo que representa 187.5 Kg/h aproximadamente 0,0521 Kg/s. Se estima con la fórmula del anexo E.1 un caudal mínimo teórico de ventilación de aire fresco necesario para diluir un escape dado de una sustancia inflamable, hasta una concentración por debajo del límite inferior de explosividad.

$$\frac{dV}{dt} \text{ min} = \frac{0,0521}{0,25 * 0,64} * \frac{543.5}{293}$$

El caudal mínimo teórico de ventilación es de $0,640 \text{ m}^3/\text{s}$. El área del manhole es de $0,7853 \text{ m}^2$ y la velocidad del aire promedio en la zona es de $0,5 \text{ m}/\text{s}$, permitiendo un caudal de ventilación de $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$; por lo tanto este caudal no es suficiente para diluir la concentración por debajo del LIE, provocando una zona potencialmente explosiva al abrir el manhole.

Se calcula el volumen teórico con la fórmula del anexo E.3 desde la fuente de escape; a partir de este volumen se determina el grado de ventilación y el radio de dispersión de la atmósfera.

$$V_z = \frac{4 * 0.640}{0.03}$$

Se utiliza un factor "f" para el flujo de aire de 4, al estar obstaculizado por diversas máquinas y un caudal de 0.03 debido a que la velocidad promedio del aire es mayor a $0.5 \text{ m}/\text{s}$ por lo que el número de renovaciones de aire por unidad de tiempo es de 0.03. El caudal teórico de ventilación es de 85.33 m^3 . Al ser mayor que el volumen afectado de las proximidades de la fuente de escape el grado de ventilación es bajo con una disponibilidad de ventilación aceptable, por lo que según el diagrama F se clasifica como un emplazamiento zona 1 e incluso zona 0.

El radio de extensión se calcula con la fórmula del anexo E.2, dando lugar a la zona cero dentro del desodorizador y zona 1 en radio de 2.73 metros.

Desodorizador Refinería 2

La cantidad promedio diaria es de 10.5 toneladas de ácidos grasos, lo que representa 437.5 Kg/h, aproximadamente 0.1215 Kg/s. Se estima con la fórmula anexo E.1 un caudal mínimo teórico de ventilación de aire fresco necesario para diluir un escape dado de una sustancia inflamable, hasta una concentración por debajo del límite inferior de explosividad.

$$\frac{dV}{dt} \text{ min} = \frac{0.1215}{0,25 * 0,64} * \frac{543.5}{293}$$

El caudal mínimo teórico de ventilación es de $1,40 \text{ m}^3/\text{s}$. El área del manhole es de $0,7853 \text{ m}^2$ y la velocidad del aire promedio en la zona es de $0,5 \text{ m}/\text{s}$, permitiendo un caudal de ventilación de $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo tanto este caudal no es suficiente para diluir la concentración por debajo del LIE, provocando una zona potencialmente explosiva al abrir el manhole.

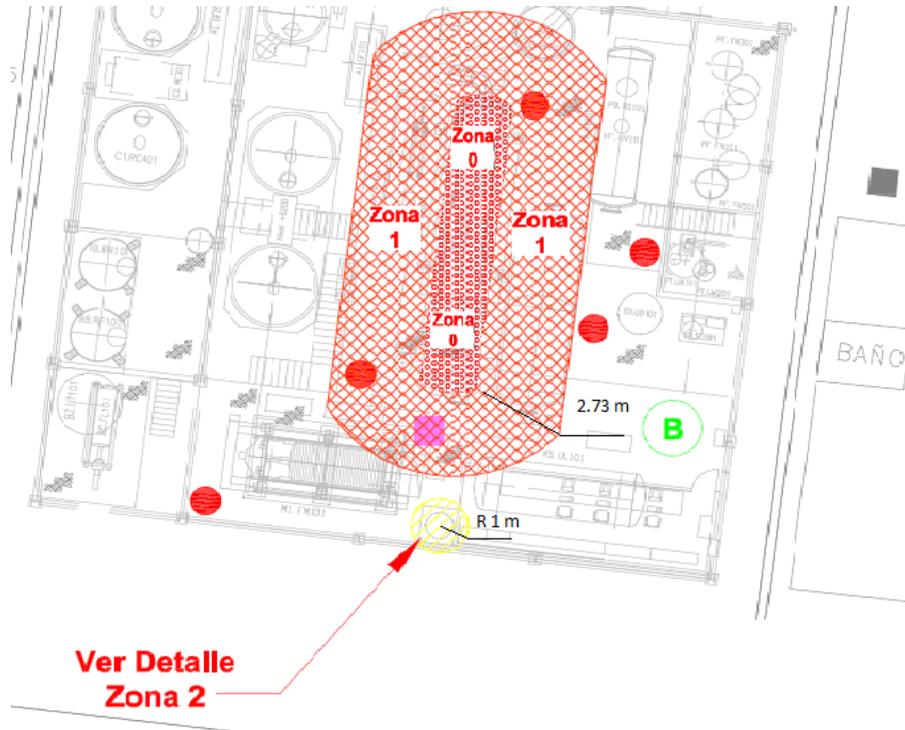
Se calcula el volumen teórico con la fórmula anexo E.3 del envolvente inflamable desde la fuente de escape, con esto se determina el grado de ventilación y el radio de dispersión volumen teórico.

$$V_z = \frac{1 * 0.640}{0.03}$$

Se utiliza un factor "f" para el flujo de aire de 1, al estar en su mayoría ventilado y sin obstrucciones, un caudal de 0,03 debido a que la velocidad promedio del aire es mayor a $0,5 \text{ m}/\text{s}$ por lo que el número de renovaciones de aire por unidad de tiempo es de 0,03. El volumen teórico de ventilación es de 21.33 m^3 . Al ser mayor que el volumen afectado de las proximidades de la fuente de escape, el grado de ventilación es bajo con una disponibilidad de ventilación buena. Por lo tanto, según el diagrama anexo F se clasifica como un emplazamiento zona 1 e incluso zona 0.

El radio de extensión se calcula con la fórmula anexo E.2, dando lugar a la zona cero dentro del desodorizador y zona 1 en radio de 1.72 metros.

Ilustración 4 Clasificación de las zonas de peligrosidad debido a atmósferas explosivas en la Planta de Refinería



Fuente: Valverde, H. 2016

En esta planta se encuentran las tres clases de zonas, siendo los más riesgos la cercanía al desodorizador donde se encuentran los ácidos grasos. Dentro del desodorizador y presorizador se encuentra la zona 0 y en un perímetro por fuera de las máquinas de 2,73 metros se establece las zona 1.

3. Planta de coquito

3.1 Fuentes de escape

Debido a la falta de datos fisicoquímicos propios de la harina de coquito, no se pudo establecer de forma cuantitativa las tasas de escape y las extensiones de las clasificaciones. Sin embargo, se realiza de forma teórica según las fuentes de escape que se pueden distinguir en el proceso. A continuación, se presentan las fuentes de escape con su debida clasificación de emplazamiento

Tabla 14 Lista de fuentes de escape y clasificación de emplazamientos en la planta de coquito.

Lista de fuentes de escape Planta Coquito				
Origen	Fuente de escape	Grado de escape	Dimensiones	Zona
Llenado de sacos	Salida del ducto	Continuo	0.0378	20
Ducto	Banda transportadora	Continuo	1.695	20
	Puertas de acceso sometida a apertura	Secundario	0.07	22
Molino de harina	Puerta de muestreo	Primaria	0.036	21
	Compuerta de salida de harina	Secundario	0.1296	22
Ducto vertical	Banda transportadora	Primaria	0.049	20
	Salida del recolector	Primaria	0.048	20
Ducto horizontal	Banda transportadora	Primaria	0.048	21
	Salida del ducto para llenado	Primaria	2.59	21
	Puerta acceso	Primaria	0.048	21
Capas de polvo	Alrededor de emplazamientos	Primaria	-	21

Fuente: Valverde H. 2016

Ilustración 5 Clasificación de las zonas de peligrosidad debido a atmósferas explosivas en la Planta de Coquito



Fuente: Valverde, H. 2016

En la planta de coquito se establece la tres zonas de clasificación de peligrosidad, las cuales se establecieron en un radio de 2 m. las zonas de clasificación 20 son las áreas en donde existe la movimiento de harina de coquito, las zonas 21 se encuentran en las zonas de muestreo y las zonas 22 son los radios de dispersión de los puntos de muestreo y las capaz de polvo.

C. Análisis de lista de verificación

1. Evaluación de riesgos en función de la probabilidad y consecuencia

Se realiza una evaluación de riesgos según NTP 876: Evaluación de los riesgos específicos derivados de la atmósfera explosiva, la cual consiste en una matriz compuesta por la probabilidad de las fuentes de ignición y severidad del accidente o evento (Ver anexo G).

La siguiente tabla muestra el riesgo de explosión de cada fuente de ignición evaluada en el análisis.

Tabla 15 Matriz de evaluación de riesgos de fuentes de ignición.

Fuentes de ignición	Origen	Escenario	Causa Raíz	Z	P	S	RE
Biodigestor							
Puntos calientes	Soldaduras elaboradas recientemente	Explosión causada por el biogás al estar en contacto con punto caliente.	-Soldadura de tuberías agrietadas, las cuales se pongan en funcionamiento inmediatamente a su reparación. -Reparación de lona en el proceso de sellado de agujeros	0	O	I	D
			-Reparación de lona en el proceso de sellado de agujeros	0	P	Me	B
Llamas y gases calientes	Llamas desnudas: sopladores, encendedores	Explosión causada por el biogás al estar en contacto con llamas desnudas.	Labores con sopladores en ambientes cargados de biogás alguna fuga.	1	P	M	A
				2	P	M	A
	Chispas de soldadura.	Explosión causada por el biogás al estar en contacto con chispas de soldadura	Labores con sopladores en ambientes cargados de biogás alguna fuga	1	P	M	A
				2	P	M	A
	Gases Calientes de	Explosión causada por el biogás al estar en	Automóviles, montacargas y herramientas	1	O	Me	B

	combustión: vehículos	contacto con gases calientes	combustibles, que se encuentran encendidas y expidan gases de combustión caliente	2	O	I	D
Chispas de origen metálico	Roce de herramientas metálicas entre sí	Explosión causada por el biogás al estar en contacto con chispas, debido a la fricción entre materiales.	Arreglos de tuberías metálicas	2	O	Me	B
	Utilización de herramientas manuales	Explosión causada por el biogás al estar en contacto chispas por el roce de herramientas mecánicas	Uso de herramientas mecánicas	1	P	Me	B
				2	F	Me	A
Material eléctrico, arcos y chipas eléctricas	Motores y equipos eléctricos en malas condiciones	Explosión causada por el biogás al estar en contacto con circuitos de motores o aparatos eléctricos que podrían ocasionar una descarga.	Arcos eléctricos productos de panel de control generador eléctrico	2	I	M	C
	Corto circuitos en conexiones erróneas	Explosión causada por el biogás al estar en contacto con cortos circuitos	Conexiones eléctricas dañadas o cables expuestos.	2	I	M	C
Rayos	Descargas de rayos	Explosión causada por el biogás al estar en contacto con equipos dañados por rayos.	Caía de un rayo a equipo eléctrico	2	I	M	C
Ondas de radiofrec uencia	Radios comunicadore s, celulares y todos los	Explosión causada por el biogás al estar en contacto con radio frecuencias	Usos de celulares o equipos de comunicación en zonas peligrosas	1	P	Me	B

	sistemas que producen y utilizan energía eléctrica de alta frecuencia o sistemas de R.F	lo suficientemente energizadas para crear una chispa.		2	I	Me	C
Refinería							
Entrada de aire	Aperturas de espacios confinados sobre cargados de vapores inflamables	Explosión causada por la oxigenación de espacios confinados en concentraciones tales que crean una explosión	Apertura de manhole.	0	P	M	A
			Entrada de aire por sistema que genera el vacío y llega a tuberías.	0	P	M	A
Llamas y gases calientes	Llamas desnudas: sopladores, encendedores	Explosión causada al estar en contacto con llamas desnudas en una atmósfera propicia a explotar.	Labores con sopladores dentro del Flash o desodorizador.	0 o 1	P	M	A
	Chispas de soldadura.	Explosión causada al estar en contacto con chispas de soldadura en un ambiente propicio para la explosión.	Labores de soldadura dentro y fuera del Flash o desodorizador.	0 o 1	P	M	A
Planta de coquito							
Puntos calientes	Superficies de máquinas calientes donde hay depósitos de harina	Explosión causada por calentamiento abrupto de harina de coquito en superficies calientes de máquinas.	-Acumulación de harina en máquinas que por uso originan en sus superficies temperaturas altas.	21	P	Me	B
Llamas y gases calientes	Llamas desnudas: sopladores, encendedores	Explosión en ambientes cargados en harina causada por las altas temperaturas de herramientas.	Labores con sopladores en ambientes cargados de harina.	20	P	M	A

	Chispas de soldadura.	Explosión en ambientes cargados en harina causada por las altas temperaturas de herramientas.	Labores con sopladores en ambientes cargados de harina.	20	P	M	A
	Gases calientes de combustión: vehículos	Explosión en ambientes cargados en harina causada por las altas temperaturas de gases combustibles.	Automóviles, montacargas y herramientas combustibles, encendidas que expidan gases de combustión caliente	20	P	M	A
Electricidad estática	Cinta transportadora con materiales pulverulentos	Explosión por fricción de partículas y cargas electrostáticas de las mismas	Dispersión y movimiento por bandas transportadoras	20	F	M	A
Material eléctrico, arcos y chipas eléctricas	Motores y equipos eléctricos en malas condiciones.	Explosión causada por circuitos de motores o aparatos eléctricos que podrían ocasionar una descarga.	Arcos eléctricos productos de panel de control, y encendido de máquinas, luces y conexión de instrumentos eléctricos.	21	P	M	A
	Corto circuitos en conexiones erróneas	Explosión causada al estar en contacto cortos circuitos en instalaciones dañadas	Conexiones eléctricas dañadas o cables expuestos.	21	P	M	A

Fuente: Valverde H. 2016

En las diferentes zonas de clasificación de riesgo debido a atmósferas explosivas, existen diversas fuentes de ignición; las cuales deben de ser controladas para disminuir el riesgo de activación de atmósferas explosivas. En la matriz anterior se exponen los riesgos más relevantes, los cuales deben de tener alguna medida de control ante la presencia en estos emplazamientos debido a la probabilidad y severidad que estos implican.

D. Conclusiones

- Los emplazamientos identificados en donde existe la probabilidad de formación de atmósferas explosivas son la planta de tratamiento anaeróbica, planta de de refinería y planta de coquito. En la cuales existe personal que realiza tareas que representan un riesgo para la activación de las mismas.
- Las sustancias que generan las atmósferas explosivas debido a sus características fisicoquímicas son el biogás, vapores de ácidos grasos y la harina de coquito.
- La mayoría de las fuentes de escapes están asociadas a válvulas, puntos de muestreo, motores y compuertas de equipos.
- Dentro de los radios de extensión de los emplazamientos peligrosos existen fuentes de ignición asociadas a tareas que se realizan en sitio o propias de las instalaciones y equipos, las cuales generan un riesgo importante en dichas zonas de clasificación.
- Las tres plantas analizadas presentan emplazamientos de clasificación de zona 0 o zona 20, en la cual la presencia atmosferas explosivas es continua y de mayor riesgo.

E. Recomendaciones.

- Se debe estudiar las características de los componentes eléctricos dentro de los emplazamientos peligrosos para garantizar que éstos no sean una fuente de ignición peligrosa.
- Se debe crear un permiso de trabajo para atmósferas explosivas, en el cual esté estipulado los responsables, características de equipos, zonas de clasificación y tipo de trabajos que se realicen.
- Se deben tomar medidas de tipo organizativas para la prevención de riesgos en atmósferas explosivas, como, por ejemplo: capacitaciones a personal que trabaje en el área.
- Se debe de realizar una evaluación del potencial riesgos de explosión de la harina de coquito a partir de las características fisicoquímicas asociadas a este riesgo.

V. Alternativa de Solución

2016

Planes de acción para Trabajos Seguros en Atmósferas Explosivas

Héctor Valverde Herrera
COOPEAGROPAL R.L.

Presentación

Coopeagropal R.L es una empresa comprometida con la Salud y Seguridad de todos sus colaboradores y colaboradoras, sean éstos internos o externos. Es por esta razón que la cooperativa brinda las herramientas necesarias para hacer frente a situaciones o condiciones que puedan afectar la seguridad y/o salud en el campo.

Los presentes planes de acción recomendados para trabajos en atmósferas explosivas aplican en las áreas de: planta anaeróbica, refinería y planta de coquito de la empresa Coopeagropal R.L. Aquí se detallan requerimientos y procesos importantes que se deben llevar a cabo en las tareas rutinarias y no rutinarias, así como en nuevos proyectos, en los que el riesgo de generar una atmósfera explosiva esté presente.

Estos planes de acción deben ser de conocimiento de jefaturas y colaboradores, que estén relacionados directa o indirectamente con las áreas clasificadas como emplazamientos peligrosos. Los lineamientos son de acatamiento obligatorio. Cualquier falta o incumplimiento a lo establecido en éste, puede ser sancionado con la suspensión o cancelación del contrato de trabajo, según lo considere el Departamento de Seguridad Ocupacional y sus jefaturas.

Tabla de Contenido

V. Alternativa de Solución	1
A. Introducción.....	7
1. Objetivos.....	7
2. Política Coopeagropal R.L.....	7
B. Clasificación de zonas peligrosas debido a la presencia de atmósferas explosivas en los lugares de trabajo.	8
1. Zonificación de las áreas de riesgo.	9
C. Procedimiento de análisis de trabajo seguro para labores de alto riesgo-atmósferas explosivas.....	12
1. Objetivo.....	12
2. Alcance	12
3. Definiciones	12
4. Descripción	13
5. Consideraciones especiales	15
6. Diagrama de flujo aplicación en labores de alto riesgo.	16
D. Plan de capacitación	17
1. Objetivo.....	17
2. Metas	17
3. Alcance	17
4. Responsabilidades	17
5. Metodología de evaluación.....	18
6. Seguimiento y Control	18
7. Gestión de los Recursos.....	18
8. Canales de comunicación.....	18
9. Metodología de Trabajo.....	18
10. Plan de sesión capacitaciones internas.....	19
11. Diagrama de procesos de capacitación.....	23
E. Señalización	24
1. Objetivo.....	24
2. Alcance	24
3. Responsabilidades	24
4. Señalización Propuesta	25
F. Herramientas manuales para operaciones en zonas de alto riesgo.	29
1. Objetivo.....	29

2.	Alcance	29
3.	Responsabilidades	29
4.	Utilización de herramientas en zonas de peligro	30
5.	Consideraciones para la selección de herramientas	30
6.	Tabla de herramientas manuales mayormente utilizadas en la industria	31
G.	Equipo de Protección Personal (E.P.P)	32
1.	Objetivo.....	32
2.	Alcance	32
3.	Responsabilidades	32
4.	Utilización del Equipo de Protección Personal	33
5.	Calzado de seguridad:.....	34
6.	Prendas de seguridad.....	35
H.	Caracterización de equipo eléctrico	36
1.	Objetivo.....	36
2.	Alcance	36
3.	Responsabilidades	36
4.	Componentes en la industria	36
5.	Consideraciones en las medidas de protección eléctrica	37
6.	Propuesta de las características de equipo según los emplazamientos peligrosos.	38
I.	Guía para nuevos proyectos que generen una potencial atmósfera explosiva.....	40
1.	Objetivo.....	40
2.	Alcance	40
3.	Responsabilidades	40
4.	Niveles de protección en atmósferas explosivas.....	41
5.	Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas	42
6.	Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas	43
7.	Pasos a seguir cuando existe la posibilidad de formación de atmósferas explosivas.	44
J.	Categorías de Atmósferas Explosivas	45
K.	Apéndices.....	46
1.	Permiso de trabajo en atmósferas explosivas.	46
2.	Planta de tratamiento anaeróbica.....	50
3.	Planta de refinería	51
4.	Planta de Coquito	52

L. Anexos	53
1. Características de equipos eléctricos	53
2. Modos de protección.	54
3. Símbolo IP	55
4. Digrama de planeamiento de la clasificación de emplazamientos peligrosos	56

A. Introducción

La presencia de sustancias inflamables (gases, vapores) y polvos combustibles en grandes cantidades y en condiciones específicas, hacen una zona propicia para la formación de atmósfera explosivas, las cuales representan un gran riesgo tanto para los usuarios como la industria.

Coopeagropal R.L. vela por el cumplimiento de medidas de salud y seguridad hacia sus colaboradores y usuarios, reconociendo y previniendo los riesgos y peligros presentes en los procesos e instalaciones industriales.

Por lo anterior, resulta importante gestionar y controlar el trabajo seguro durante las actividades realizadas en las zonas de clasificación peligrosa en las cuales existe el riesgo de que se genere una atmósfera explosiva.

Se recomienda velar por que se cumplan los aspectos que contiene la siguiente metodología interna para trabajos en atmósferas explosivas.

1. Objetivos

- Fomentar medidas de tipo organizativas y técnicas que ayuden a la prevención de explosiones en emplazamientos peligrosos donde se realizan las operaciones rutinarias y no rutinarias y nuevos proyectos.
- Fomentar buenas prácticas seguridad ante la presencia de atmósferas explosivas mediante protocolos de trabajo y capacitaciones hacia los colaboradores.
- Apoyar en la identificación y evaluación de riesgos para nuevos proyectos que generen una potencial atmósfera explosiva.

2. Política Coopeagropal R.L

Coopeagropal R.L. como empresa responsable con la calidad e inocuidad de sus productos, desarrollo sostenible y la seguridad laboral se compromete a:

- Cumplir con las regulaciones legales y reglamentarias aplicables para la realización de sus procesos.
- Asegurar el cumplimiento de los requisitos acordados con nuestros clientes.
- Garantizar la calidad e inocuidad de los productos.
- Asegurar la comunicación en la organización, con la comunidad y la cadena alimentaria.
- Promover de forma participativa la salud y seguridad de las personas trabajadoras.
- Prevenir las lesiones y daños a la salud relacionados con el trabajo.
- Prevenir impactos negativos al ambiente.

B. Clasificación de zonas peligrosas debido a la presencia de atmósferas explosivas en los lugares de trabajo.

Al conocer los emplazamientos y el debido perímetro que encierra las diferentes zonas de clasificación en cada una de las plantas donde hay presencia de atmósferas explosivas, se deben de tomar medidas de tipos organizativas o técnicas que ayuden a reducir el riesgo que ocasiona la presencia de gases inflamables y polvos combustibles.

Las zonas 0 y 20, son las zonas más críticas en donde la presencia de atmósferas explosivas se encuentra de forma continua durante el funcionamiento normal del proceso, por lo que es la zona con mayor riesgo de activación de dicha atmósfera.

Los emplazamientos donde existe la posibilidad de formación de una atmósfera explosiva son las zonas son 1 y 21, en las cuales también el riesgo está presente, por lo que es importante controlar estas áreas por medio de medidas preventivas. Las otras zonas que restarían son las 2 y 22, en las cuales el riesgo es menor; sin embargo, se puede dar la formación de atmósferas en los radios de estos sitios.

Una vez evaluados los riesgos y conocidas las zonas de peligrosidad en donde existe la probabilidad de formación de atmósferas explosivas, se debe analizar y organizar medidas preventivas, las cuales permitan identificar y minimizar los riesgos asociados a cada zona y así evitar la activación y generación de una explosión.

Si existe la posibilidad de que se forme una atmósfera explosiva peligrosa de cualquier clasificación, es necesario adoptar medidas de carácter técnico y/u organizativo contra explosiones. El riesgo se puede reducir aplicando uno de los siguientes principios:

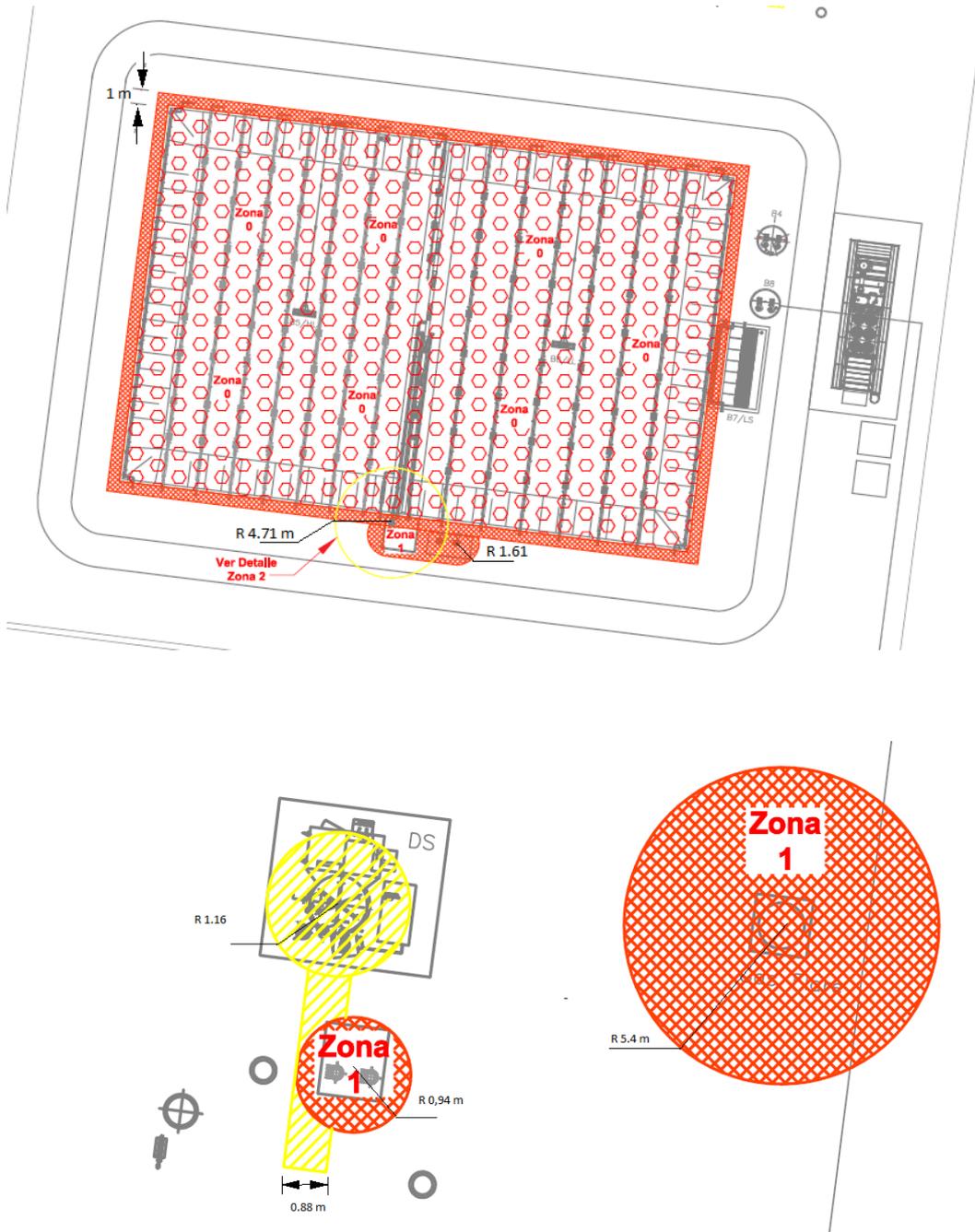
- Medidas preventivas para impedir la formación de ATEX: es importante actuar o tomar medidas sobre la fuente, las cuales imposibiliten la mezcla de sustancias inflamables y combustibles con el aire.
- Medidas preventivas para evitar la ignición de ATEX: estas medidas van asociadas a controlar las principales fuentes de activación de la atmósfera explosiva

1. Zonificación de las áreas de riesgo.

A continuación, se van a presentar por medio de un mapeo las diferentes zonas de clasificación presentes en Coopeagropal R.L. Se representa la clasificación por zona y los lugares y radios que abarca cada zona (ver apéndice 1).

1.1 Planta de tratamiento anaeróbica

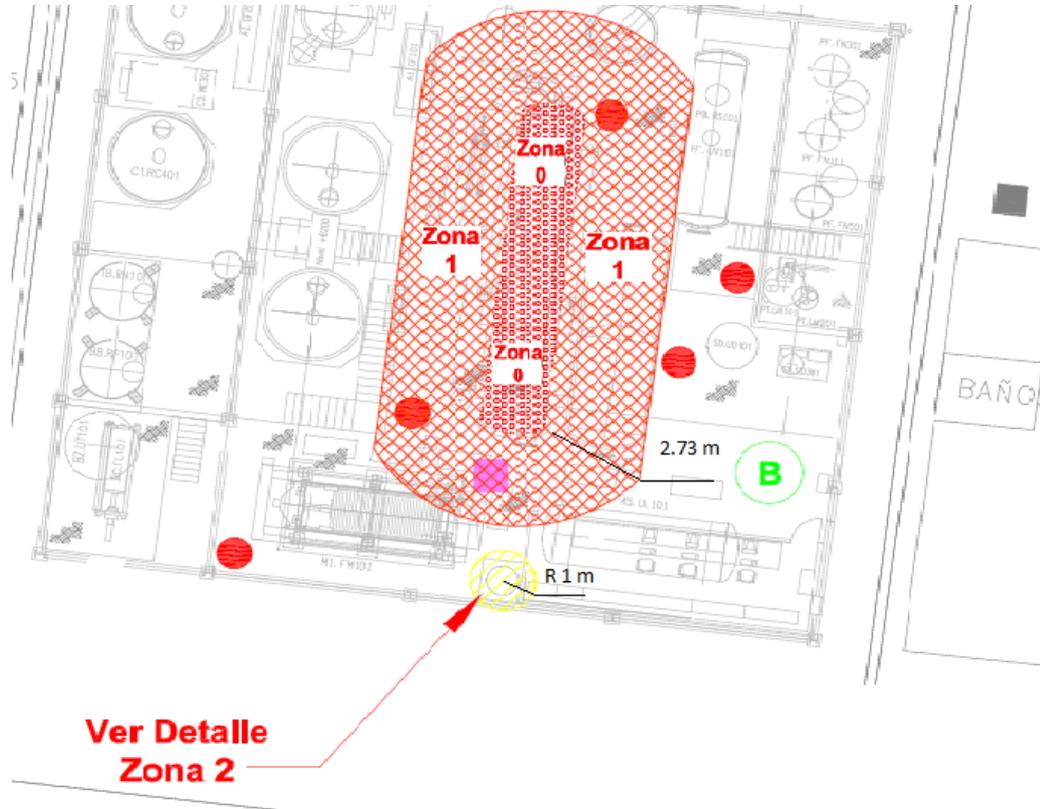
Ilustración 6 Zonas de clasificación de atmosferas explosivas planta tratamiento anaeróbica.



Fuente: Valverde, H. 2016

1.2 Planta de Refinería

Ilustración 7 Zonas de clasificación de atmosferas explosivas planta refinera



Fuente: Valverde, H. 2016

1.3 Planta de Coquito

Ilustración 8 Zonas de clasificación de atmósferas explosivas de la planta de coquito



Fuente: Valverde, H. 2016

C. Procedimiento de análisis de trabajo seguro para labores de alto riesgo-atmósferas explosivas

1. Objetivo

Definir la metodología de trabajo en las zonas de clasificación peligrosa debido a atmósferas explosivas, así como los requisitos técnicos para la realización de tareas en forma segura.

2. Alcance

El presente procedimiento aplica para labores en zonas de clasificación peligrosa debido a atmósferas explosivas realizadas por personal interno y externo en las plantas de tratamiento anaeróbico, refinería y coquito.

3. Definiciones

- Labores de alto riesgo o críticas: corresponden a labores que dentro de la línea de negocio de Coopeagropal R.L representan alto riesgo de generar daño severo o siniestro.
- Espacios confinados: áreas de difícil acceso, condiciones extremas de ventilación, iluminación o acumulación de gases.
- Trabajo en soldadura crítico: labores especiales de soldadura no realizadas dentro del área de taller exclusiva para las mismas y en las cuales las condiciones ambientales y de sitio generan mayor exposición, probabilidad o consecuencia de la generación de un evento explosivo.
- Atmósfera explosiva o ATEX: mezcla con aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables o combustibles en forma de gases, vapor, polvo, fibras o partículas en suspensión las cuales, tras la inflamación, permiten una propagación auto sostenida.
- Zonas de clasificación peligrosa debido a atmósferas explosivas: emplazamientos con diferentes zonas de riesgo (0, 1, 2, 20, 21,22) en los que existe un riesgo de explosión debido a la presencia de una atmósfera explosiva.
- Permiso de trabajo: autorización escrita bajo formato establecido que establece información sobre el tipo de labor a realizar, los ejecutantes, medidas preventivas y de mitigación.
- Ejecutante: colaborador calificado para la realización de las tareas asociadas a una labor crítica.

- Solicitante: responsable de la ejecución de las labores críticas y quien debe informar sobre las labores críticas al autorizante correspondiente.
- Autorizante: responsable de autorización para la ejecución de la labor crítica; quien gira las medidas preventivas necesarias para la ejecución de la labor; coordinará según grado de criticidad la evaluación de cumplimiento durante la ejecución, representante de SySO.

4. Descripción

4.1 Directrices generales

- Seguridad y Salud Ocupacional (SySO) junto con el departamento o planta en el que se ejecuten labores críticas por la presencia de atmósferas explosivas, deben velar por la dotación de los equipos de protección personal y accesorios necesarios para la realización de estas labores.
- Los procesos de inducción operativa deben incluir la formación o refrescamiento de los principios básicos de seguridad en labores críticas en caso de que se realicen en una zona de clasificación debido a la presencia de atmósferas explosivas, en caso de que aplique.
- Toda labor crítica debido a la presencia de atmósferas explosivas debe ir respaldada por un permiso de trabajo (ver apéndice 1), la cual debe realizarse de acuerdo con las medidas preventivas expuestas en dicho permiso y en el presente procedimiento de trabajo.
- El solicitante deberá identificar si la tarea a ejecutar es de alto riesgo, de preferencia en conjunto con un representante de SySO. Esta identificación puede surgir de:
 - Análisis preliminar de peligros
 - Matriz de identificación de peligros del área o proceso.
- El trabajo puede ser suspendido antes de que se complete, si se presenta una circunstancia como:
 - En caso de emergencia.
 - Cuando haya prioridad de realizar otra tarea y exista interferencia.
 - Condiciones climatológicas adversas.
 - Por la espera de repuestos o materiales.
 - No se estén cumpliendo las normas de seguridad y los procedimientos.
 - Se esté realizando otra labor diferente a la descrita en el permiso.
- Las labores consideradas de alto riesgo que se realizan son:

- Trabajo de soldadura.
- Trabajos en alturas.
- Trabajo en espacios confinados.
- Trabajo en zonas de clasificación debido a la presencia de atmósferas explosivas:
 - Gases y vapores: Zonas 0,1 ó 2.
 - Polvos: Zonas 20,21 ó 211
- Se han identificado las siguientes labores críticas o de alto riesgo, que requieren apertura de permiso de trabajo en atmósferas explosivas, cuando se realicen dentro de las zonas de clasificación:
 - Uso de equipo eléctrico y herramientas manuales en planta de coquito, biodigestor y refinería.
 - Labores de soldadura en planta de coquito, refinería y biodigestor.
 - Labores de reparaciones, soldaduras o mantenimiento de tuberías en biodigestor.
 - Limpieza o reparaciones en tanques de presorizador y desodorizador refinería 1 y torre de desodorizador refinería 2.
 - Labores de reparaciones, soldaduras o mantenimiento de maquinaria en planta de coquito.
 - Labores de mantenimiento eléctrico (aplicación de protocolo de bloqueo y tarjeteo) en planta coquito, refinería y biodigestor.

4.2 Directrices para trabajo en zonas peligrosas debido a atmósferas explosivas

- Realizar el análisis preliminar de riesgos. Revisar la seguridad de mangueras, manómetros, tanques de gases inflamables y depósitos de harina de coquito.
- Verificar que los ejecutantes tengan capacitación para la realización de trabajos en zonas de clasificación peligrosa ATEX.
 - En el caso de los colaboradores contratistas, se debe solicitar copia de documentos que certifiquen la capacitación del colaborador para realizar trabajos en zonas de clasificación peligrosa ATEX; estas certificaciones deben anexarse al permiso de trabajo.
 - El área o departamento contratante debe solicitar con antelación la verificación del permiso de trabajo por parte de SySO.
- Se debe contar con el E.P.P y herramientas de trabajo certificadas que sean adecuadas para condiciones de ATEX.
- Cuando se trabaje en las zonas de clasificación ATEX es necesario:

- Detener el proceso que se realiza habitualmente.
 - Verificar que no exista ningún punto de fuga en el caso de biodigestor (biogás), refinería (ácidos grasos y biogás) y planta de coquito (harina de coquito).
 - Después de detener el proceso dar un tiempo de 30 minutos para ventilar el lugar antes de comenzar labores.
- Es estrictamente obligatorio la solicitud de apertura de permisos de trabajo en las zonas de clasificación ATEX.
 - Si en estas zonas se realiza alguna otra labor considerada de alto riesgo, debe de adjuntarse el permiso de trabajo correspondiente a la labor requerida por el solicitante.

5. Consideraciones especiales

5.1 Planta de tratamiento anaeróbico

- Realizar el protocolo de purga y control de trasiego de biogás para evitar la concentración de gases inflamables.
- Si hay sistemas eléctricos, debe aplicarse el protocolo de boqueo, tarjeteo y desconexión de equipos.
- Verificar que no exista ningún punto de fuga de biogás antes de iniciar las labores.
- Totalmente prohibido la permanencia de vehículos, montacargas, aparatos de radiofrecuencia o cualquier dispositivo que genere puntos de ignición.

5.2 Planta de refinería

- Para las labores que se realicen dentro del tanque predorizador, desodorizador (ambas refinerías) se deben considerar y tomar también las precauciones de trabajos en espacios confinados.
- Se debe realizar el paro del proceso y ventilación adecuada.
- Antes de abrir estos sistemas se debe garantizar la evacuación total de las sustancias líquidas y gaseosas.

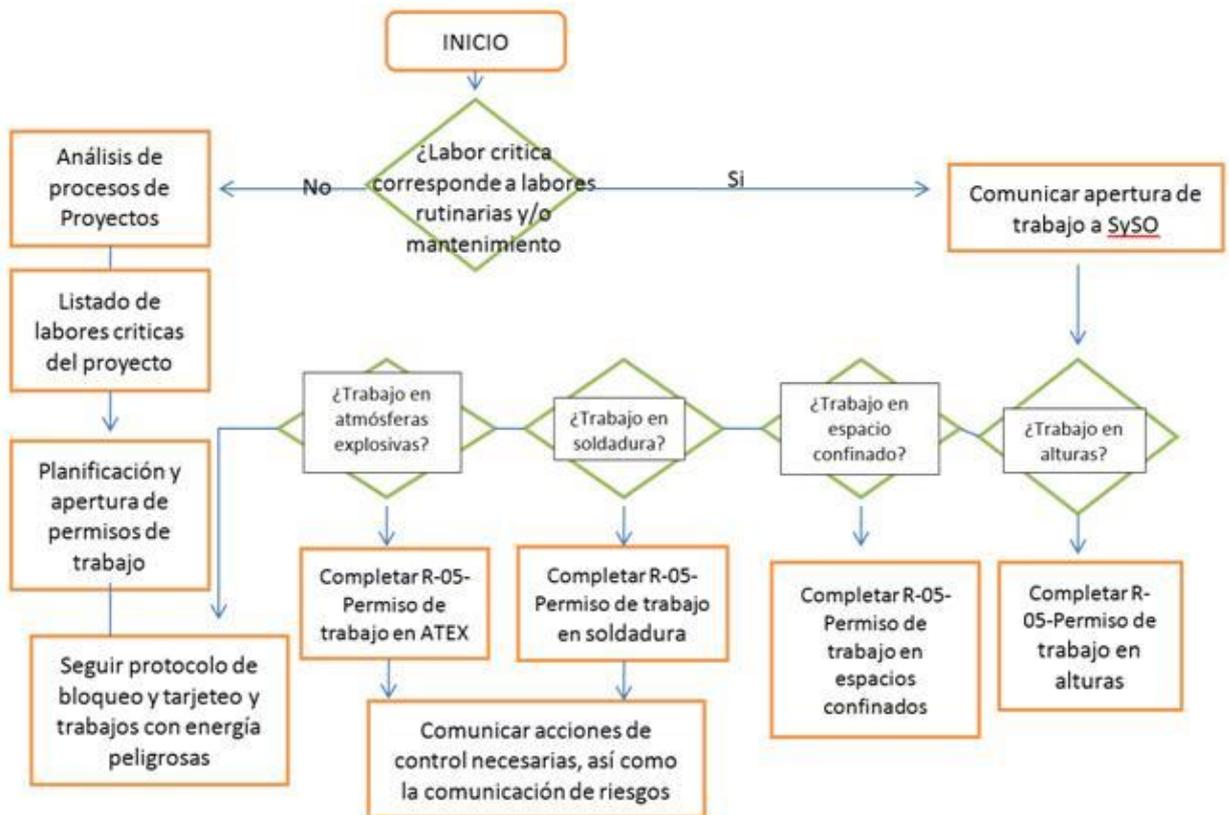
5.3 Planta Coquito

- En el caso de la planta de coquito, verificar que no exista depósitos y dispersión de harina de coquito en el aire.
- Realizar la debida limpieza del área de trabajo antes de comenzar las tareas.

6. Diagrama de flujo aplicación en labores de alto riesgo.

El siguiente diagrama es una modificación del diagrama de flujo de Coopeagropal R.L 2015, para la aplicación de labores de alto riesgo, en el cual se incluyen los trabajos en zonas de clasificación de atmósferas explosivas como una labor de alto riesgo.

Ilustración 9 Diagrama de flujo aplicación en labores de alto riesgo



Fuente: Valverde, H.

D. Plan de capacitación

A continuación, se presenta el plan de capacitación de trabajo en zonas de clasificación peligrosa debido a la presencia de atmósferas explosivas, en el cual se describe la metodología para establecer las necesidades de capacitación y el método de evaluación para el impacto de la capacitación.

1. Objetivo

Capacitar al personal que realiza labores en las áreas de clasificación de atmósferas explosivas, en temas que corresponden a medidas de prevención y seguridad que se deben de tomar en cuenta a la hora de realizar tareas en este tipo de emplazamientos, así como las consecuencias que pueden generarse a partir de una eventualidad o accidente ocurrido en los sitios.

2. Metas

Lograr la formación del total del personal que realiza labores en las áreas de clasificación de atmósferas explosivas en aspectos de seguridad y prevención contra explosiones.

3. Alcance

El presente plan de capacitación aplica para colaboradores y personal que esté relacionado en la realización de tareas rutinarias o no rutinarias dentro de las zonas de clasificación debido a la presencia de atmosferas explosivas.

4. Responsabilidades

- Es responsabilidad del Encargado de Capacitación (SySO) junto con el Gerente de Recursos Humanos, velar por el cumplimiento de este plan de capacitación.
- Será responsabilidad de todos los Gestores, instructores y participados en el programa de capacitación preparar, impartir y evaluar los eventos que se les ha asignado y programado.
- Será responsabilidad de todos los colaboradores convocados a las actividades de capacitación asistir puntualmente y mantener una actitud de participación activa.
- Será responsabilidad de las distintas Jefaturas y Gerencias facilitar los permisos necesarios y las comunicaciones al personal para que estos asistan a las actividades que se les convocó; así mismo, son responsables de velar por que sus colaboradores asistan puntualmente a dichas actividades.
- Es responsabilidad de la Alta Dirección apoyar dicho plan y asegurar que se brinden los recursos para el cumplimiento de éste, así como la aplicación de las sanciones

administrativas correspondientes en casos de no recibir apoyo del personal para garantizar la ejecución.

5. Metodología de evaluación

Las evaluaciones específicas para cada capacitación, serán establecidas por cada uno de los Gestores en el documento Plan de Sesión Capacitación Interna, antes de iniciar la formación, en el cual establecerán la metodología para cada evento que se programe. La nota obtenida en cada capacitación se debe registrar en el documento hoja de asistencia.

6. Seguimiento y Control

Se verificará el seguimiento y control de dicho plan mediante las revisiones e informes mensuales emitidos por El Encargado de Capacitación y Desarrollo y el cuál será de consulta pública.

7. Gestión de los Recursos

La mayoría de las capacitaciones se trabajará con recursos internos, utilizando los medios disponibles dentro de la organización.

La alta dirección proporcionará los recursos para el cumplimiento de las capacitaciones que no se puedan impartir con recursos internos.

8. Canales de comunicación

Los colaboradores que participarán serán convocados por medio de correo electrónico o por comunicación directa a su jefatura.

9. Metodología de Trabajo

Las capacitaciones estarán distribuidas entre los meses del año y se pueden realizar en cualquier momento del mes asignado.

10. Plan de sesión capacitaciones internas

Atmósferas explosivas y clasificación emplazamientos peligrosos.		
Elaborado: 10/10/2016	Responsable: SySO	Duración: 1h

Dirigido a:

Jefes, Operarios y personal de mantenimiento de las plantas anaeróbica, refinería y coquito.

Descripción:

El siguiente documento es un Plan de Sesión para capacitación interna, a lo cual se le solicita no dejar espacios en blanco, ser claros y concisos al momento de redactar cada uno de los puntos, manteniendo la secuencia de enseñanza.

Impacto:

Reconocimiento de las zonas de clasificación peligrosa así como de la formación de atmósferas explosivas para la identificación de peligros y riesgos asociados a la activación de las mismas

Objetivos de aprendizaje:

Al finalizar el proceso de capacitación el participante será capaz de:

- Distinguir las características básicas de una atmósfera explosiva y los diferentes emplazamientos peligrosos que se encuentran en la planta.
- Comprender los factores que generan una atmósfera explosiva y las principales fuentes de activación de la misma.
- Identificar los peligros y riesgos asociados a las diversas labores o procedimientos que podrían originar un accidente.

NOTA: Para casos en los que la persona no apruebe la capacitación con la nota que se establece en los criterios de evaluación se realizará una evaluación en el sitio de trabajo para evaluar la aplicación de los conocimientos adquiridos. En caso de no aprobación de estos dos métodos se iniciaría nuevamente el proceso.

Objetivos de la Sesión	Contenidos/Subtemas	Tiempo	Estrategias Metodológica	Recursos	Criterios de Evaluación
Distinguir los conceptos básicos asociados a atmósferas explosivas y emplazamientos de clasificación	Conceptos de atmósfera explosiva y formación de atmósferas explosivas. Tipo de sustancias que generan una atmósfera explosiva (gases, vapores inflamables y/o polvos combustibles). Tipo de emplazamientos peligrosos y riesgo asociado a cada uno.	20 min	Inducción teórica conceptos	Pantalla, Proyector, Computadora Sala o aula de capacitación. Brochure con conceptos. Mapa de zonas de riesgo dentro de la empresa.	Relación acertada de conceptos por sub-grupos.
Comprender los diversos factores que generan una atmósfera explosiva y las diferentes fuentes de ignición que propician la activación de ésta.	Principales fuentes de escape presentes en los procesos: válvulas, bridas, compresores, motores, espacios confinados, bandas transportadoras, etc. Principales fuentes de ignición (llamas, superficies calientes, chispas, campos electromagnéticos, material eléctrico, electricidad estática, radiación ionizante, ultrasonidos, etc).	30min	Exposición magistral	Proyector Computadora	
Evaluar por medio de la identificación de los principales peligros y riesgos asociados a tareas realizadas en emplazamientos peligrosos.	Tareas de soldadura. Tareas con llamas expuestas. Usos de equipo que genere chispas. Generación de escapes por mala operación de los equipos etc.	10 min	Taller en grupos.	Proyector Computadora Casos con tareas comunes realizadas por los colaboradores, en las cuales identifiquen los peligros y riesgos asociados a cada caso propuesto.	Prueba de identificación de peligros y riesgos en grupos de trabajo según cada caso Nota: 70

Prevención y seguridad en zonas de clasificación peligrosa debido a la presencia de atmósferas explosivas.		
Elaborado: 10/10/2016	Responsable: SySO	Duración: 1h y 05 min

Descripción

El siguiente documento es un Plan de Sesión para capacitación interna, a lo cual se le solicita no dejar espacios en blanco, ser claros y concisos al momento de redactar cada uno de los puntos, manteniendo la secuencia de enseñanza.

Impacto

Presentar las medidas de seguridad y prevención que se toman en zonas peligrosas para la realización de tareas con el fin de evitar algún accidente grave.

Objetivo de Aprendizaje

Al finalizar el proceso de capacitación el participante será capaz de:

- Reconocer y ejecutar los procedimientos de trabajo que se deben realizar en el momento de laborar en una zona de clasificación peligrosa ante la presencia de atmósferas explosivas.
- Comprender las medidas de prevención que la empresa mantiene para labores de alto riesgo (EPP, PT, Herramientas de uso, Señalización, etc.)

NOTA: Para casos en los que la persona no apruebe la capacitación con la nota que se establece en los criterios de evaluación se realizará una evaluación en el sitio de trabajo para evaluar la aplicación de los conocimientos adquiridos. En caso de no aprobación de estos dos métodos se iniciaría nuevamente el proceso.

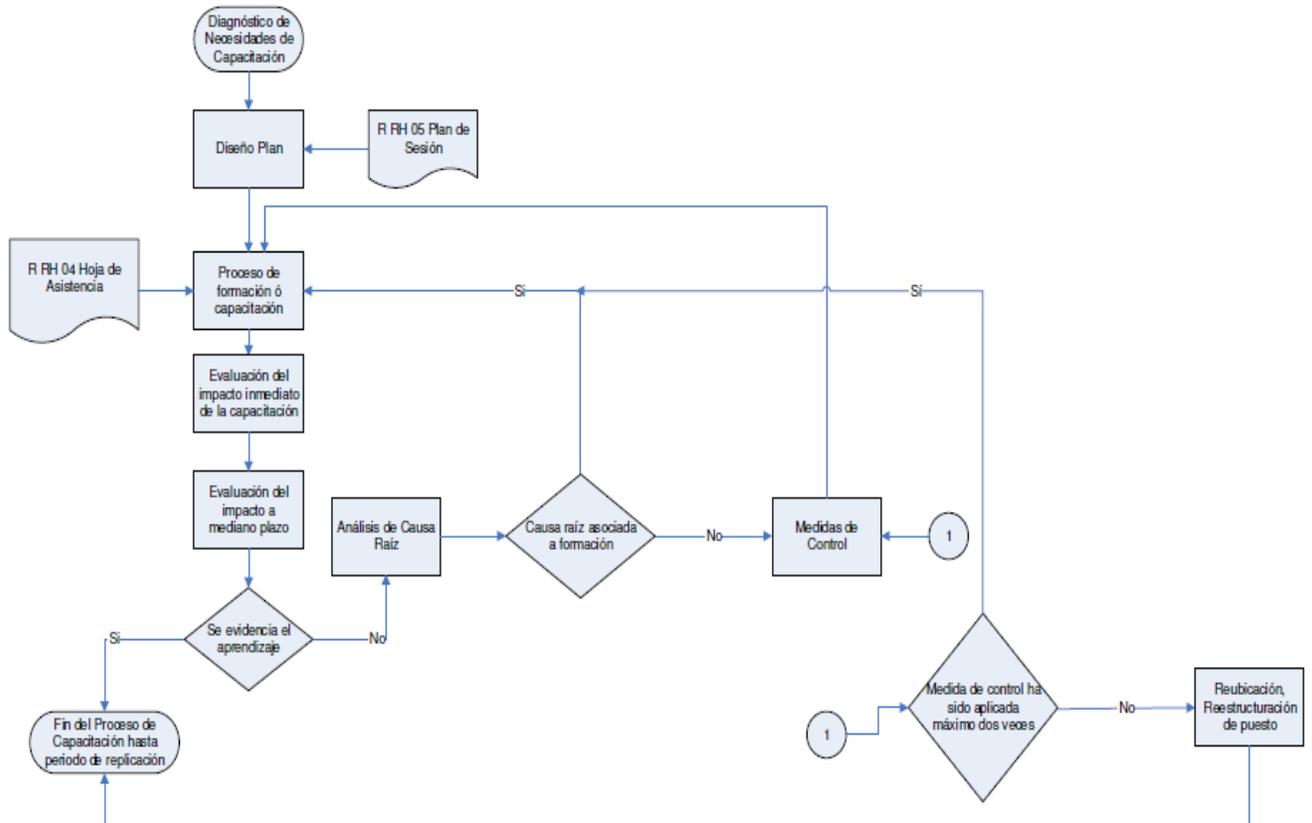
Objetivos de la Sesión	Contenidos/Subtemas	Tiempo	Estrategias Metodológica	Recursos	Criterios de Evaluación
Reconocer y ejecutar los procedimientos de trabajo que se deben realizar en el momento de laborar en una zona de clasificación peligrosa ante la presencia de atmósferas explosivas	-Procedimientos de trabajos en zonas peligrosas debido a atmosferas explosivas. -Trabajo de alto riesgo: permisos de trabajo.	20 min	Exposición Magistral	Proyector Computadora	Preguntas abiertas
Comprender las medias de prevención técnicas y/u organizacionales de la empresa.	-EPP (antiestático). -Usos de herramientas con características explosivas. -Paro de procesos. -Ventilación de zonas. -Reconocimiento de fuentes de peligros que puedan generar una activación. -Señalización. -Medidas de seguridad generales en atmósferas explosivas	30 min	Exposición Magistral	Proyector Computadora	Preguntas abiertas
Identificar las principales medidas preventivas relacionadas con labores en zonas con potencial riesgo de explosión.	Labores críticas en una zona peligrosa debido a Atmósferas Explosivas.	15 min	Taller en grupos.	Proyector Computadora Casos propuestos	

11. Diagrama de procesos de capacitación

A continuación se hace referencia al diagrama de procesos de Coopeagropal R.L a seguir para la realización de las capacitaciones.

Ilustración 10 Diagrama del proceso de capacitación Coopeagropal R.L.

Diagrama del proceso de capacitación



Fuente: Coopeagropal R.L. (2016).

E. Señalización

1. Objetivo

Establecer la señalización estándar en cuanto a comunicación de riesgo, prohibiciones y uso de equipo que debería estar presente en las zonas de peligrosidad debido a la presencia de atmósferas explosivas.

Esto según las siguientes normas:

- Lineamientos generales establecidos en la INTE 31-07-01:2016 Señalización de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo y
- Señalización de los accesos a las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, según lo que indica el Real Decreto 681/2013 sobre la Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores Expuestos a Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el Lugar de Trabajo.

2. Alcance

La señalización estándar indicada en este apartado aplica en zonas de clasificación peligrosa debido a atmósferas explosivas la cual comunique los principales riesgos, prohibiciones y uso de equipo de protección en el lugar.

3. Responsabilidades

4.1 Es responsabilidad del departamento de Salud Ocupacional:

- Realizar la selección de las señales pertinentes para cada zona de clasificación ATEX.
- Realizar la colocación de las diferentes señales que se dispongan en un lugar donde sea visible y libre de obstáculos.
- Velar por el mantenimiento y colocación de cada una de las medidas para comunicar los riesgos, obligaciones o prohibiciones.
- Capacitar al personal para la interpretación de cada señal colocada

4.2 Es responsabilidad de los colaboradores:

- Interpretar la señalización y obedecer a lo que éstas están informando.
- Asistir a las capacitaciones sobre la comunicación de riesgos o bien para las medidas de prevención en atmósferas explosivas.

- Instruirse en el uso adecuado de los elementos de comunicación para garantizar la seguridad en las instalaciones.

4.3 Es responsabilidad de la gerencia:

- Facilitar los recursos para la compra y capacitación que sea necesaria para la comunicación de riesgos.
- Aceptar la implementación del programa de comunicación de riesgos

4.4 Responsabilidad del departamento de proveeduría

- Asegurarse de brindar el equipo necesario y requerido cuando sea solicitado por la oficina de salud ocupacional.

4. Señalización Propuesta

A continuación, se presenta los requisitos generales que debe incluir toda señalización propuesta en el programa:

- Estar ubicadas de tal manera que puedan ser fácilmente observadas e interpretadas por las personas.
- Ofrecer la posibilidad real de cumplir con lo indicado en la señal.
- Atraer la atención de las personas a los que está destinado el Texto de Seguridad específico.
- Dar a conocer el peligro con anticipación, las consecuencias de interactuar con el mismo y la acción específica para evitarlo.
- Conducir a una interpretación única.
- Estar sujetas a un mantenimiento preventivo y correctivo

Tabla 16 Propuesta de Señalización para zonas de riesgo ATEX

<p align="center">Señalización de zonas de riesgo de Atmósferas explosivas</p>	<p align="center">Imagen</p>
<p>Dónde:</p> <p>-Se deberán señalar los accesos a las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas.</p> <p>Planta anaeróbica Planta Refinería Planta Coquito</p> <p>Características</p> <p>-La señalización puede completarse con otras explicaciones que indiquen el modo y frecuencia de aparición.</p> <p>Zona 1, 2 y 3 para planta anaeróbica y refinería. Zona 20, 21 y 22 para planta de coquito</p> <p>Diseño</p> <p>-Materiales: P.V.C 1.1 mm, adhesivo</p> <p>-Dimensiones para una distancia de observación de 15 m:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lado de panel: 33.5 cm • Lado del pictograma: 30 cm <p>Forma</p> <p>-Forma triangular</p> <p>-Letras negras sobre fondo amarillo, bordes negros (el amarillo debe cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).</p>	<p align="center">Zona de Riesgo de Atmósfera Explosiva</p> <div align="center" data-bbox="1084 512 1419 764">  </div> <p align="center">Fuente: INSHT.2003</p> <p align="center">Riesgo de Explosión</p> <div align="center" data-bbox="1123 957 1393 1192">  </div> <p align="center">Fuente: INTECO, 2016</p>

Fuente: Valverde, H. 2016.

Tabla 17 Tabla de señalización de prohibición en zonas ATEX

Señalización de prohibición	Imagen
<p>Dónde:</p> <p>-Se deberán señalar los accesos a las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas.</p> <p>Planta anaeróbica Planta Refinería Planta Coquito</p> <p>Características</p> <p>Totalmente prohibido la presencia de calor o chispas que puedan generar la activación de la atmósfera.</p> <p>-Llamas desnudas -Chispas</p> <p>Diseño</p> <p>-Materiales: P.V.C 1.1 mm, adhesivo -Dimensiones para una distancia de observación de 15 m:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lado de panel: 33.5 cm • Lado del pictograma: 30 cm <p>Forma</p> <p>- Pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 45° respecto a la horizontal) rojos (el rojo deberá cubrir como mínimo el 35% de la superficie de la señal)</p> <p>- Forma redonda.</p>	<p>Prohibido Fumar</p>  <p>Fuente: INTECO, 2016.</p> <p>Prohibido encender fuentes de ignición</p>  <p>INTECO, 2016.</p> <p>Prohibido la manutención de vehículos</p>  <p>INTECO, 2016</p>

Fuente; Valverde, H. 201

Tabla 18 Tabla de señalización de Obligaciones en zonas ATEX

Señalización de Obligación	Imagen
<p>Dónde:</p> <p>-Se deberán señalar las zonas de clasificación peligrosa por atmósferas explosivas, ya que es necesario el uso de EPP en las áreas.</p> <p>Planta anaeróbica Planta Refinería Planta Coquito</p> <p>Características</p> <p>Hacer uso del EPP recomendado para zonas ATEX</p> <p>-Uso de Zapatos de seguridad (antiestáticos)</p> <p>Diseño</p> <p>-Materiales: P.V.C 1.1 mm, adhesivo</p> <p>-Dimensiones para una distancia de observación de 15 m:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lado de panel: 33.5 cm • Lado del pictograma: 30 cm <p>Forma</p> <p>-Forma redonda.</p> <p>-Circulo color azul</p> <p>-Pictograma blanco</p>	<p>Uso de zapatos de seguridad (antiestáticos)</p> <div data-bbox="1110 533 1390 814" data-label="Image"> <p>The image shows a white safety boot with a black sole and a black strap across the top, set against a blue circular background. This is a standard safety symbol for mandatory use of safety footwear.</p> </div> <p>Fuente: INTECO, 2016</p>

Fuente; Valverde, H. 2016

F. Herramientas manuales para operaciones en zonas de alto riesgo.

Aspectos generales

1. Objetivo

Brindar los requerimientos técnicos para la selección correcta de herramientas manuales para uso en zonas de alto riesgo.

2. Alcance

Estas herramientas serán disponibles para el personal que ingrese a una zona de clasificación ATEX y requiera de herramientas manuales para realizar una tarea.

3. Responsabilidades

4.1 Es responsabilidad del departamento de Salud Ocupacional:

- Realizar la selección de las diversas herramientas manuales anti chispas, las cuales deben cumplir con las características adecuadas para ser utilizadas en las labores que se realicen en las zonas definidas como peligrosas.
- Se encargará de que los colaboradores que requieran realizar una tarea en las áreas de peligro utilicen las herramientas, de lo contrario, no se debe permitir la labor de esa persona en el área.

4.2 Es responsabilidad del departamento de mantenimiento industrial:

- Brindar las herramientas adecuadas y necesarias a los colaboradores, de acuerdo con las actividades que realicen.
- Velar por el mantenimiento y orden de las mismas.

4.3 Es responsabilidad de los colaboradores:

- Utilizar las herramientas únicamente para los fines en que fueron diseñadas y espacios o zonas que lo requieran.
- Reconocer cuando las herramientas se encuentran en malas condiciones y deban ser reemplazadas.
- Reportar al jefe inmediato y éste al encargado de salud ocupacional para realizar la verificación de la sustitución correspondiente en caso de extravío.

4.4 Es responsabilidad de la gerencia:

- Facilitar los recursos para la compra y capacitación que sea necesaria para el uso de las herramientas.

4.5 Responsabilidad del departamento de proveeduría

- Asegurarse de brindar el equipo necesario y requerido cuando sea solicitado por la oficina de salud ocupacional para tener siempre a disposición de los colaboradores.

4. Utilización de herramientas en zonas de peligro.

Tabla 19 Tabla de condición operacional en el uso herramientas manuales según zona ATEX y planta de proceso

Zonas	Planta tratamiento anaeróbica	Planta de refinería	Planta de Coquito
Zona 0 ó 20	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Zona 1 ó 21	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Zona 2 ó 22	Obligatorio, permite uso de herramientas que provoquen chispas aisladas (destornilladores y llaves)	Obligatorio, permite uso de herramientas que provoquen chispas aisladas (destornilladores y llaves)	Obligatorio, permite uso de herramientas que provoquen chispas aisladas (destornilladores y llaves)

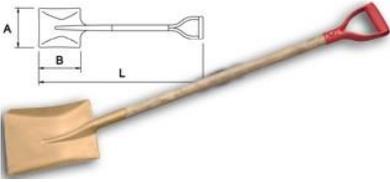
Fuente: Valverde. H. 2016.

5. Consideraciones para la selección de herramientas

- Las herramientas utilizadas en estas zonas tienen que ser con características anti chispas.
- Deben ser no magnéticas
- La fabricación de éstas debe ser preferiblemente de aleaciones de cobre-berilio o compuestas de aluminio-bronce únicamente.
- Deben ser diseñadas específicamente para eliminar el riesgo de generar chispas.
- Tienen que estar certificadas según la Directiva 94/9/EG (ATEX).

6. Tabla de herramientas manuales mayormente utilizadas en la industria.

Tabla 20 Herramientas manuales utilizadas en la industria.

Herramientas Manuales	Ejemplos de Herramientas	Características
Alicates	 <p>Fuente: INVOTOR .2016</p>	
Tenazas	 <p>Fuente: INVOTOR.2016</p>	
Llaves ajustables	 <p>Fuente: INVOTOR.2016</p>	
Llaves fijas y combinadas	 <p>Fuente: INVOTOR.2016</p>	
Corte	 <p>Fuente: INVOTOR.2016</p>	
Martillos	 <p>Fuente: INVOTOR.2016</p>	
Palas y rastrillos	 <p>Fuente: INVOTOR.2016</p>	

Fuente: Valverde, H. 2016

Nota: Éstos son algunos ejemplos de herramientas más utilizadas; las herramientas tienen que ser con características anti chispas.

Proveedores:

Invotor S.A es una empresa que ha brindado ha suministrado gran cantidad de equipos y herramientas a las más variadas industrias, talleres y empresas gubernamentales en todo el territorio costarricense, siempre basándose en mantener la senda de la honestidad, la ética y el profesionalismo en todas las labores que desarrolla.

Esta empresa ofrece herramientas anti chispa de la marca EGA Master, las cual es una marca muy reconocida en la creación de estos instrumentos. Cada herramienta aporta el certificado de conformidad, el cual certifica que las herramientas son fábricas en cobre y berilios y poseen propiedades anti chispa.

Ubicación: Paseo Colon San José, Costa Rica

G. Equipo de Protección Personal (E.P.P)

Aspectos generales

1. Objetivo

Brindar los requerimientos técnicos para la selección del equipo de protección personal necesario para el uso en zonas de alto riesgo debido a la presencia de atmósferas explosivas.

2. Alcance

E.P.P. necesario y requerido aplica para los colaboradores y demás personas que se encuentren en las zonas de clasificación peligrosa debido a la presencia de atmósferas explosivas.

3. Responsabilidades

4.1 Es responsabilidad del departamento de Salud Ocupacional:

- Realizar la selección de los adecuados dispositivos de protección personal de los colaboradores que se encuentran en las zonas de peligro.
- Se encargará de que los colaboradores que laboren o requieran ingresar a las zonas de peligro en la planta de coquito, refinería y anaeróbica, utilicen el equipo de

protección personal; de lo contrario, no se debe permitir el ingreso de esa persona al área.

4.2 Es responsabilidad de los colaboradores:

- Todos deben utilizar el equipo de protección personal seleccionado por el encargado de la Oficina de Salud Ocupacional, según los riesgos a los que se vean expuestos durante sus funciones.
- Reconocer e informar al Departamento SySo cuando el E.P.P. se encuentre en malas condiciones y deba ser reemplazado por uno nuevo.
- Los supervisores de planta deben colaborar con la oficina de Salud Ocupacional en la revisión de la utilización del equipo por parte de los colaboradores.

4.3 Es responsabilidad de la gerencia:

- Facilitar los recursos para la compra y capacitación que sea necesaria para uso del E.P.P.

4.4 Responsabilidad del departamento de proveeduría

- Asegurarse de brindar el equipo necesario y requerido cuando sea solicitado por la oficina de salud ocupacional para tener siempre a disposición de los colaboradores.

4. Utilización del Equipo de Protección Personal

Tabla 21 Condición de uso del EPP según zona ATEX y planta de industria

Zonas	Planta tratamiento anaeróbica	Planta de refinería	Planta de Coquito
Zona 0-20	*No Obligatorio	*No Obligatorio	Obligatorio
Zona 1-21	Obligatorio (calzado antiestático)	Obligatorio (calzado antiestático)	Obligatorio (calzado antiestático)
Zona 2-22	Puede ser necesario el uso de E.P:P	Puede ser necesario el uso de E.P:P	Puede ser necesario el uso de E.P:P

* No se consideran las zonas 0 o 20 como zonas en las que deba llevarse calzado y ropa de protección disipativa, ya que habitualmente en ellas no se trabaja y cuando se hace necesario el trabajo en estas zonas, se debería detener el proceso.

Fuente: Valverde, H. 2016

5. Calzado de seguridad:

6.1 Consideraciones para la selección de EPP

- El calzado debe ser antiestático para evitar que se cargue electrostáticamente.
- El calzado debe tener un límite superior de resistencia suficientemente bajo como para evitar la acumulación de la carga electrostática y un límite inferior de resistencia que ofrece cierta protección en caso de contacto eléctrico accidental.
- Los límites de resistencias van entre 105Ω y 109Ω ,
- Cualquier calzado que sea seleccionado debe poseer o sobrepasar la homologación de la normativa ISO 20345.
- El marcado de los zapatos irá identificado o etiquetado con un símbolo A o S1 al S5.

6.2 Propuesta:

Los siguientes zapatos de seguridad propuestos proveen las características antes mencionadas. Estas consideraciones de selección aplican para el caso en que sea necesario el cambio del equipo que provee la empresa a los colaboradores.

Tabla 22 Tabla de características de calzado de seguridad

<p>Marca: Safety Jagger</p> <p>Modelo: 6112</p>	 <p>Fuente: INCENSA. 2016.</p>
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none">• Cumple con la EURONORM EN ISO 20345:2004.• Con puntera de carbono y plantilla de Kevlar.• Resistente al agua, antiestático, absorción de energía en el talón y posee capellada de cuero que permite ventilación. Suela antideslizante, anti perforación y resistente al aceite. Calzado libre de metal.	

Fuente: Valverde, H. 2016

6. Prendas de seguridad

6.1 Consideraciones para la selección de EPP

- Debe ser de material antiestático que no permita la acumulación de energía.
- Cualquier ropa o prenda de vestir y guante que sea seleccionado debe poseer o sobrepasar la homologación de la normativa más reciente UNE-EN 1149.
- La prenda deberá estar fabricada con un material cuya resistencia superficial R sea menor o igual a $2,5 \times 10^9 \Omega$ y el tiempo de semi-disipación $t_{50\%}$ será menor de 4s o el factor de protección S40 mayor de 0,2.

6.2 Propuesta:

Las siguientes prendas de seguridad propuestas proveen las características antes mencionadas. Estas consideraciones de selección aplican para el caso en que sea necesario el cambio del equipo que provee la empresa a los colaboradores.

El uso de esta prenda se deja a consideración del encargado de realizar la apertura del permiso de trabajo para zonas.

Tabla 23 Características de prendas de seguridad

Marca: 3M	 <p>Fuente: 3M , 2016.</p>
Modelo: Traje de Protección 4530+ Características: <ul style="list-style-type: none">• Equipo de protección clase III• Disipación carga electrostática.• Propagación de la llama• Norma: EN 1149-1 / EN 1149-5• Norma: ISO 11612• <i>Uso para zonas ATEX y soldadura</i>	

Fuente: Valverde, H.2016

H. Caracterización de equipo eléctrico

1. Objetivo

Definir las categorías y características de material eléctrico utilizado en las zonas de clasificación, a condición de que éstas estén adaptadas a los gases, vapores o polvos que generen la atmósfera explosiva.

2. Alcance

Aplica para la selección de equipos y aparatos eléctricos según los medios de protección requeridos en las zonas peligrosas.

3. Responsabilidades

3.1 Es responsabilidad del departamento de Salud Ocupacional:

- Colaborar en la selección de los dispositivos eléctricos adecuados para ser utilizados en las zonas de peligro, tomando en cuenta las zonas de clasificación según los diferentes emplazamientos donde serán utilizados.

3.2 Es responsabilidad de la gerencia:

- Facilitar los recursos para la compra del equipo con los medios de protección adecuada.

3.3 Es responsabilidad del departamento de proveeduría y proyectos

- Tomar en cuenta las especificaciones correctas en la selección de equipo en conjunto con el departamento de SySo y el proveedor.
- Adquirir el equipo correcto con las características indicadas para cada zona de clasificación de atmósfera explosiva.
- El departamento de proyectos debe de comunicar los equipos eléctricos necesarios que deben de ser utilizados para los nuevos proyectos.

4. Componentes en la industria

A continuación, se presenta una lista de componentes eléctricos mayormente utilizados en las plantas donde hay presencia de atmosferas, los cuales deberán de poseer características antiexplosivas o antidetonantes:

- Motores eléctricos
- Sensores de nivel

- Paneles eléctricos
- Toma corriente.
- Sistemas de iluminación
- Caja Breakers
- Ventiladores
- Quemador dual (caldera)
- Actuadores
- Transductores de presión
- Sopladores

5. Consideraciones en las medidas de protección eléctrica

Los equipos eléctricos utilizados en las diferentes zonas deben cumplir con los requisitos de seguridad, acompañados de una serie de elementos informativos para una adecuada selección y utilización de los mismos (ver anexo 1). Los equipos de trabajo son clasificados en dos grupos en función del nivel de protección frente al riesgo de explosión.

Los equipos eléctricos que se encuentren o utilicen dentro de una zona de clasificación peligrosa debido a la presencia de atmósferas explosivas tienen que ser del grupo II, el cual corresponde a los aparatos y sistemas de protección para la utilización industrial distintos a minería en presencia de atmósferas explosivas.

Existen diferentes categorías para su utilización, en función de los grados de protección. A continuación, se mencionan las categorías y las zonas de clasificación en las que deben utilizarse.

- Categoría 1: Comprende los aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos fijados y asegurar un nivel de protección muy alto. Los aparatos de esta categoría están previstos para utilizarse en zonas 0 ó 20, en los cuales la presencia de atmósfera explosiva es de manera constante.
- Categoría 2: Comprende los aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un nivel de protección alto. Los aparatos están destinados a utilizarse en zonas 1 ó 21 en donde es probable la formación de atmósferas explosivas.

- Categoría 3: Comprende los aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un nivel normal de protección. Los aparatos están destinados a utilizarse en zonas 2 ó 22 en donde es poco probable la formación de atmósferas explosivas.

El símbolo de uso varía según al agente que causa la atmósfera explosiva, se utiliza la simbología “G” para gases y simbología “D” para polvos.

Los modos de protección hacen referencia a la protección utilizada en la construcción del equipo (ver anexo 2).

6. Propuesta de las características de equipo según los emplazamientos peligrosos.

Tabla 24 Características de equipos eléctricos según los emplazamientos peligrosos

Zona de riesgo	Grupo	Categoría	Simbología de marcado
Zona 0	II	1	G
Zona 1	II	2	G
Zona 2	II	3	G
Zona 20	II	1	D
Zona 21	II	2	D
Zona 22	II	3	D

Fuente: Valverde, H. 2016

G: Gas
D: Polvo (“Dust”)

Tabla 25 Modos de protección según los emplazamientos peligrosos.

Zona de riesgo	Modos de protección más adecuados	Grados IP
Zona 0	la	-
Zona 1	d, e, ia, ib, m, o, p, q	-
Zona 2	N	-
Zona 20	iaD	IP6X
Zona 21	iaD, ibD, mD, pD, tD	IP6X
Zona 22	iaD, ibD, mD, pD, tD	IP5X

Fuente: Valverde, H. 2016

Especificaciones (Ver Anexo 2):

Equipo para gases

Envolvente antideflagrante: d

: p (px, py, pz)

Encapsulado: m (ma, mb)

Relleno pulverulento: q

Inmersión en aceite : o

Seguridad aumentada. e

Seguridad Intrínseca: i (ia, ib) nA, nC, nR, nL

Equipos para Polvos

Envolvente. tD

Presurización: pD

Seguridad Intrínseca: iaD, ibD

Encapsilado: maD, mbD

I. Guía para nuevos proyectos que generen una potencial atmósfera explosiva.

1. Objetivo

Generar una guía para mitigar el riesgo asociado a la presencia de atmósferas explosivas durante la realización de nuevos proyectos en Coopeagropal R.L.

2. Alcance

En la memoria de los nuevos proyectos se deberá identificar y evaluar las condiciones de los procesos que requieran la producción o almacenamiento de polvos combustibles, gases y vapores inflamables, y que por lo cual generen un eventual riesgo debido a la presencia de atmósferas explosivas. Las implicaciones que van a suponer en los nuevos proyectos van a ser desde el punto de vista del diseño de los espacios productivos y distribución de los diferentes espacios.

3. Responsabilidades

3.1 Es responsabilidad del departamento de proyectos y SySO:

- Velar por la identificación y evaluación de los riesgos asociados a la formación de atmósferas explosivas en nuevos proyectos de la industria.
- Proponer las medidas necesarias y caracterizaciones de equipos en caso de que los nuevos proyectos involucren la presencia de una atmósfera explosiva.
- Comunicar los riesgos derivados de atmósferas explosivas para la evaluación concreta de los emplazamientos.

3.2 Es responsabilidad del departamento de proveeduría

- Tomar en cuenta las especificaciones correctas en la selección de equipo.

3.3 Es responsabilidad de la gerencia:

- Facilitar y aprobar los recursos que sean necesarios para la planificación, evaluación y control de los nuevos proyectos.
- Apoyar al departamento de SySo en los requerimientos de prevención que los nuevos proyectos ameriten para su implementación.

4. Niveles de protección en atmósferas explosivas

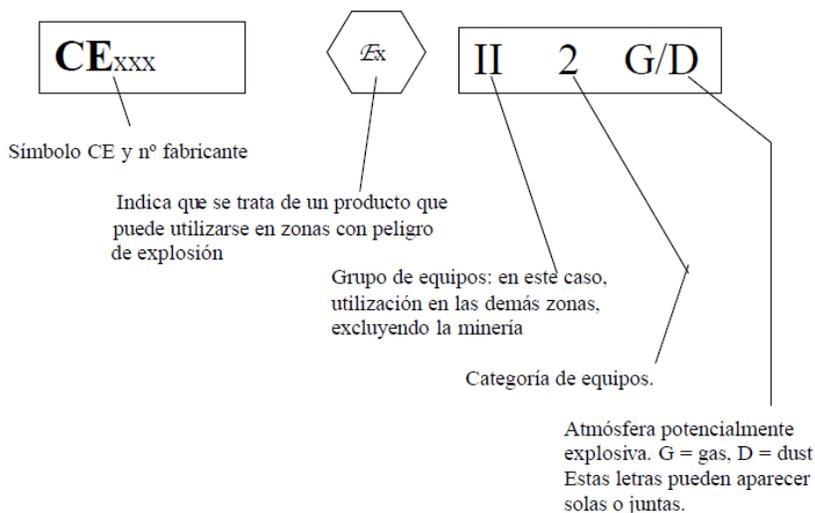
El nivel de protección en Coopeagropal R.L se considera de Grupo II debido a las labores y tipo de instalación industrial, por lo que los equipos que están presentes en zonas de peligrosidad ATEX deben ser clasificados según el nivel de protección que se requiera. Existen las siguientes categorías:

- Categoría 1: Nivel de protección alto, recomendado para zonas 0 y 20.
- Categoría 2: Nivel de protección alta, recomendado su uso en zonas 1 y 21.
- Categoría 3: nivel de protección normal, recomendado su uso en zonas 2 y 22.

Evidentemente un equipo con grado de protección superior puede ser utilizado en las zonas 1, 21 y 2,22.

En la selección de equipos, los que sean destinados a ser utilizados en las diferentes zonas de peligrosidad donde hay o podría haber presencia de atmósferas explosivas deben de llevar una certificación de laboratorio externo al fabricante. Las placas identificadas de los equipos deben de indicar lo mostrado en la siguiente imagen.

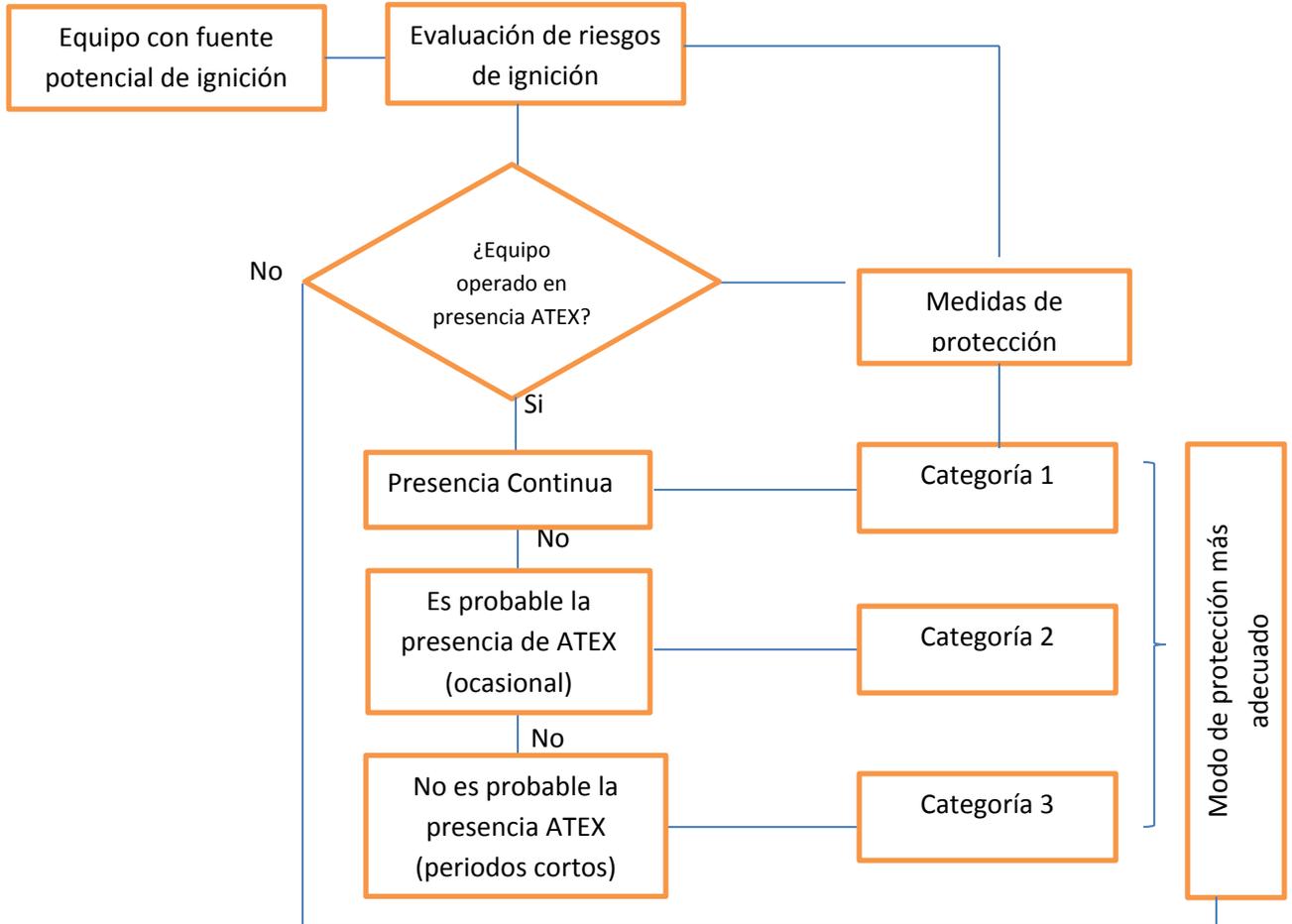
Ilustración 11 Indicadores de equipos utilizados en ATEX



Fuente: Rendueles, M. 2010

5. Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas

Ilustración 12. Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas

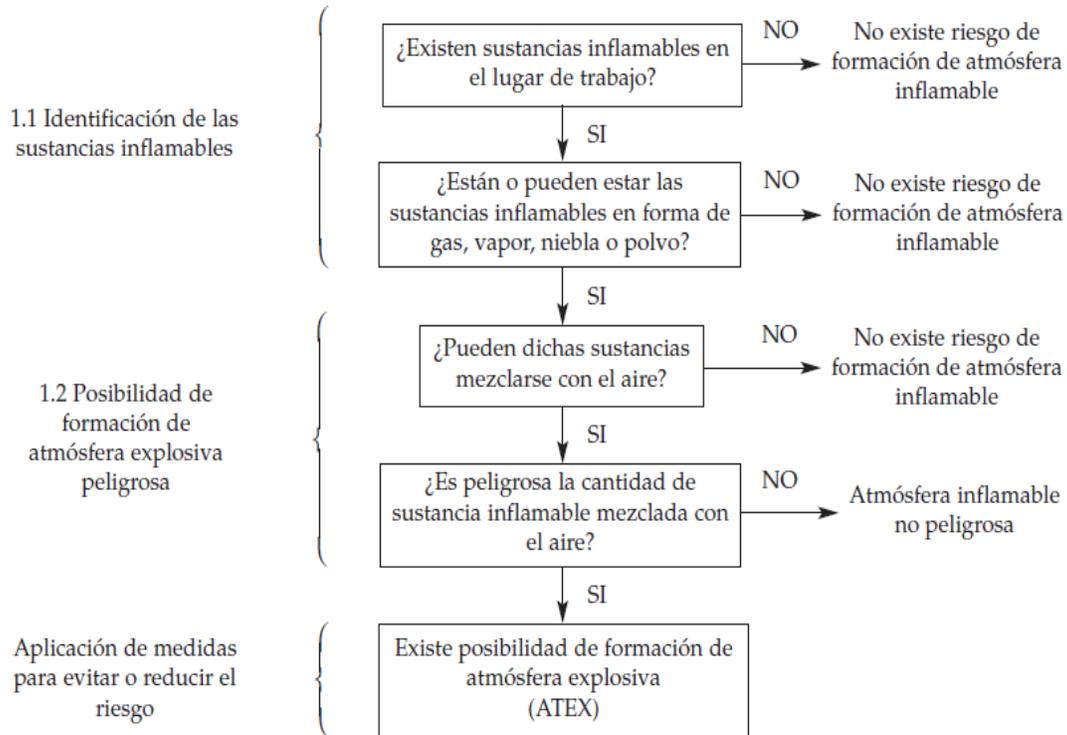


Fuente: Valverde, H. 2016

6. Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas

Para determinar la probabilidad de que se puedan generar atmósferas explosivas, es necesario conocer la naturaleza y propiedades de inflamabilidad de las sustancias presentes.

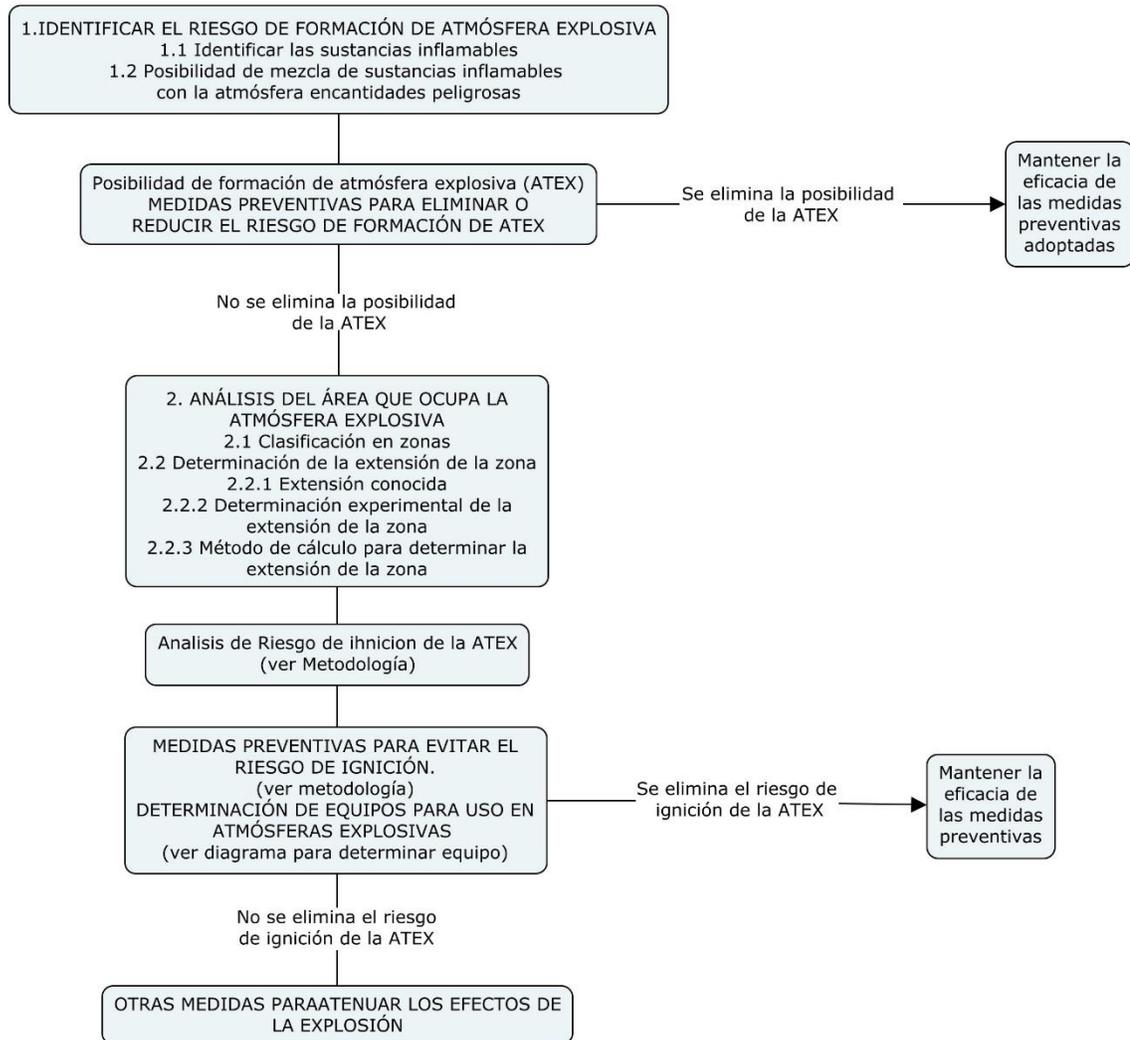
Ilustración 13 Diagrama de identificación de peligros asociados a atmósferas explosivas



Fuente: Instituto Nacional Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2003

7. Pasos a seguir cuando existe la posibilidad de formación de atmósferas explosivas.

Ilustración 14 Diagrama para identificación de peligros en atmósferas explosivas para nuevos proyectos en la industria



Fuente: Valverde H. 2016

J. Categorías de Atmósferas Explosivas

Una vez evaluado el riesgo y teniendo presente la posibilidad de presencia de atmósferas explosivas y sus eventuales riesgos en los nuevos proyectos, se deben de realizar un análisis más detallado sobre la evaluación de los emplazamientos.

Las atmósferas explosivas se originan a partir de sustancias inflamables o combustible generadas por gases o polvos, las cuales mezcladas con el aire originan un riesgo de activación de la atmósfera debido a las características fisicoquímicas de cada sustancia presenta.

Se debe realizar una clasificación de las zonas según la frecuencia en la que la atmósfera explosiva está presente. Esta clasificación deberá ser basada en la IEC 6000-79, la cual muestra un método a seguir para la clasificación (Ver anexo 4). Esta clasificaciones son las siguientes:

Para el caso de gases o vapores:

- Zona 0
- Zona 1
- Zona 2

Para el caso de Polvos:

- Zona 20
- .Zona 21
- Zona 22

K. Apéndices

1. Permiso de trabajo en atmosferas explosivas.

1 Consecutivo	PTATEX-_____	Nº (*)	(*) Llenar sólo cuando se realice MÁS DE UN CAMBIO DE TURNO.			
SOLICITANTE (Tarea)						
2 Área:				3 Fecha de la solicitud:	.../.../...	
4 Descripción de la tarea:				10 Fecha, y hora comienzo (**):	.../.../...	
5 Permisos de trabajo asociados:					...h min	
6 Los ejecutantes han recibido información sobre la tarea, medidas preventivas para los riesgos asociados a la tarea, medidas de emergencia, equipos necesarios para realizar el trabajo y equipos de protección individual				S <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	(**) Llenar solo en el momento de iniciar la tarea
				I <input type="checkbox"/>	O <input type="checkbox"/>	
7 ¿Se requiere el uso de equipos de eléctrico, soldadura o alguna llama abierta?:	S <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	Especificar:			
8 Nombre del Ejecutante:				9 Nombre del Solicitante:		
D. _____	Firma:			D. _____	Firma:	
AUTORIZANTE (Actuación 1 de 2)						
11 Verificaciones Medidas Preventivas					SI	NO
Si se trabaja en una Zona 0 ó 20, se detuvo el proceso antes de iniciar labores.						

Se ha realizado la limpieza de la zona de trabajo, y éste se encuentra, ordenada y en condiciones seguras para realizar la tarea, se desenergizó/Bloqueó el sistema eléctrico.					
Se han identificado, controlado y eliminado materiales y puntos de ignición (llamas, superficies calientes, chispas, campos electromagnéticos, material eléctrico, electricidad estática, radiación ionizante, ultrasonidos, etc).					
Se evita la utilización o generación de fuentes de ignición descontroladas en zonas con presencia de atmósferas explosivas. De lo contrario se verifica que las características de las herramientas sean antiexplosivas.					
Equipos y herramientas adecuados a la zona ATEX y en buen estado.					
Se encuentra en una zona ventilada o en caso de ser un espacio confinado se cuenta con el permiso de trabajo asociado.					
Se han tomado medidas preventivas/correctivas de seguridad para anular las condiciones peligrosas del trabajo.					
Se cuenta con extintores, indicados para el tipo de fuego del lugar, en buen estado y con recarga vigente					
Se cuenta con los EPP necesarios y adecuados según lo indicado por SySO además estos se encuentran en condiciones adecuadas para su utilización.					
El/los ejecutantes saben utilizar el EPP correctamente.					
El ejecutante ha sido capacitado para desarrollar labores en emplazamientos peligrosos debido a atmósferas explosivas.					
Personal calificado para la tarea: conoce las medidas preventivas y riesgos, formación específica, uso de los equipos.					
En caso de contar con un ayudante, éste también cuenta con EPP indicado para ATEX					
Existe supervisión de los trabajos					
12 Se autoriza el trabajo en emplazamientos peligrosos	13 Nombre	D. _____	14 Firma Autorizante:		

debido a atmósferas explosivas (medidas preventivas y condiciones ADECUADAS)		del Autorizante:		
Hora Inicioh min			

CAMBIO TURNO (cumplimentar solo si procede)

15 Nombre del Autorizante del nuevo turno:	D. _____			Firma Autorizante N. Turno
	Informado y Conforme con las medidas preventivas implantadas.			

16 Nombre ejecutante del nuevo turno (Ejecutante de Mayor Cualificación)	D. _____			Firma Ejecutante N. Turno
--	-------------	--	--	---------------------------

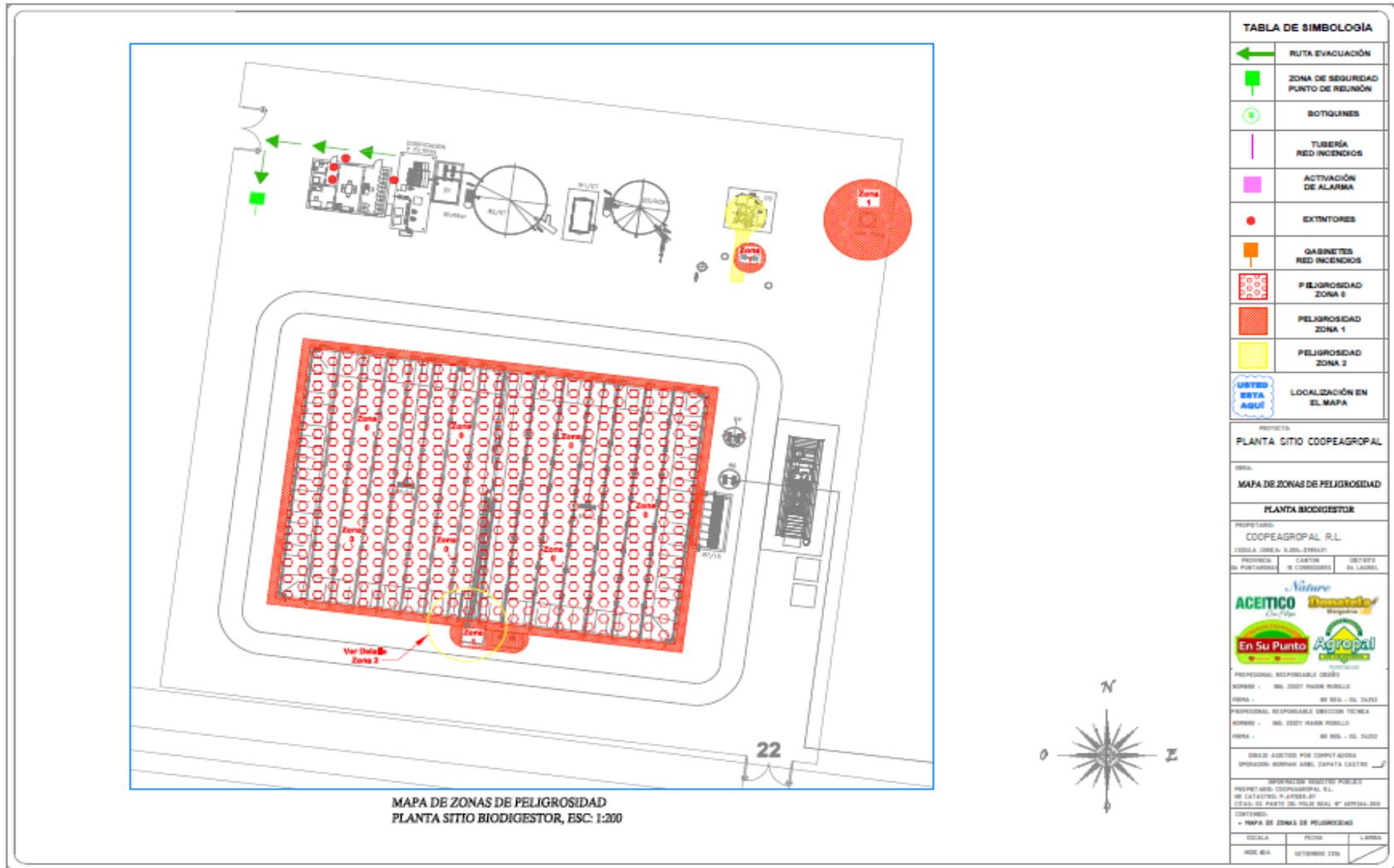
Fecha/.../h ...min	El/los ejecutante/s ha/n sido/s informado/s de la tarea, de las medidas preventivas asociadas, de las medidas de emergencia, de los equipos necesarios para realizar el trabajo y de los EPP	Firma Ejecutante N. Turno
-------	-----------	--------------	--	---------------------------

AUTORIZANTE – (Actuación-2 de 2)

17 Verificaciones DESPUÉS del trabajo en emplazamientos peligrosos (Inspección en campo)	SI	NO	NA
Han finalizado las tareas y las instalaciones han quedado en situación correcta para reanudar el proceso			
Proceso detenido.			
Se han identificado materiales y puntos de ignición, así como su remoción del lugar o aislamiento.			
Zona de trabajo limpia y ordenada.			

Los equipos se han devuelto a su ubicación. (equipo de contar explosiones , equipos complementarios, EPP)									
FIN DE TAREA									
18 - FINALIZACIÓN DE TRABAJOS - (Firma del Ejecutante)	Fec ha/.../...	19 Se autoriza reanudar la actividad en la zona				Firma del ÚLTIMO Autorizante		
	Ho rahmin	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>			
Estos apartados se completarán por el ejecutante (zona gris) y por el autorizante (zona en blanco) inmediatamente después de finalizar la tarea. Una vez completados no podrán reiniciarse los trabajos sin un nuevo permiso.									

2. Planta de tratamiento anaeróbica



Fuente : Valverde, H. 2016

4. Planta de Coquito

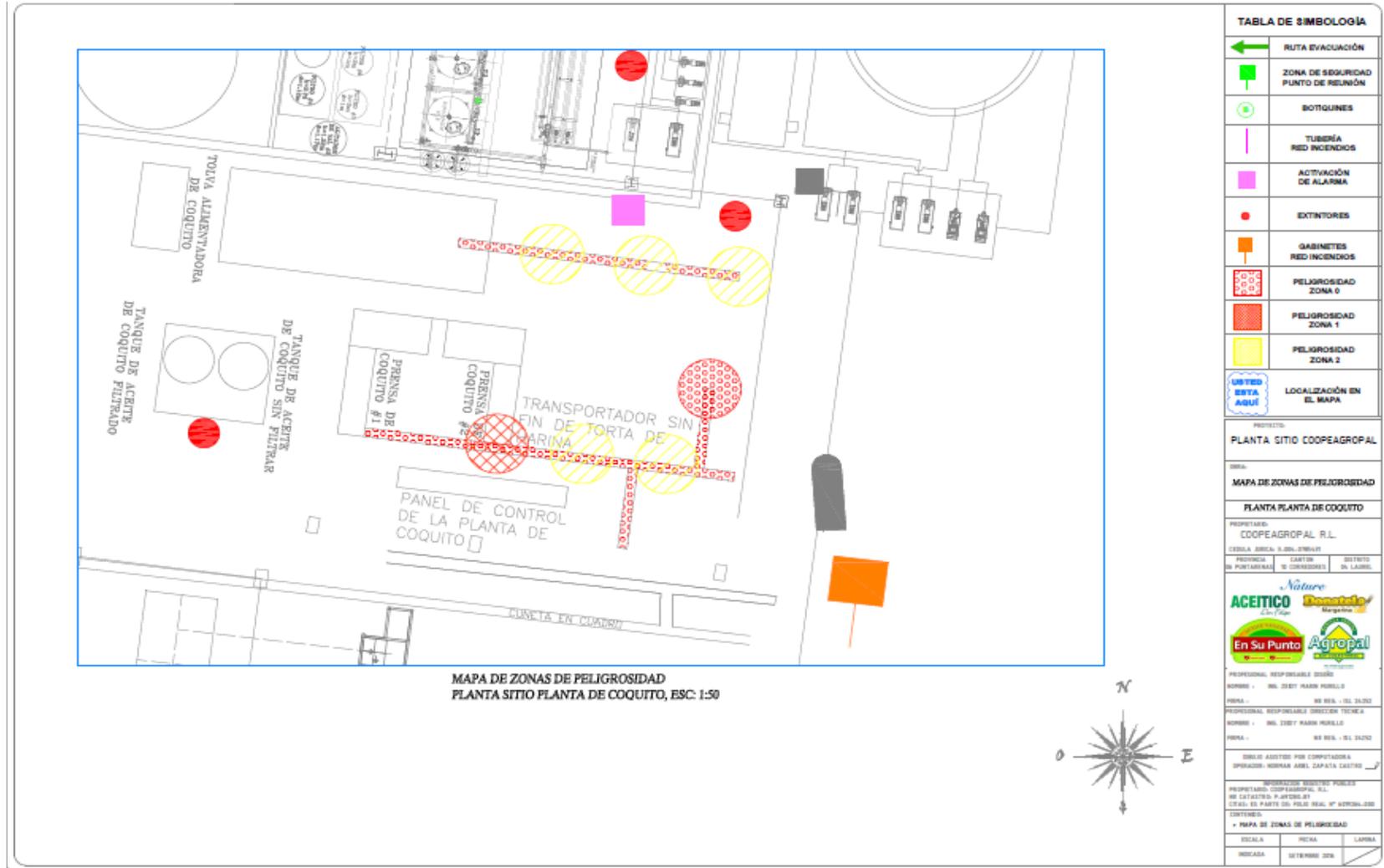


TABLA DE SIMBOLOGÍA	
	RUTA EVACUACIÓN
	ZONA DE SEGURIDAD PUNTO DE REUNIÓN
	BOTOLINES
	TUBERÍA RED INCENDIOS
	ACTIVACIÓN DE ALARMA
	EXTINTORES
	GABINETES RED INCENDIOS
	PELIGROSIDAD ZONA 0
	PELIGROSIDAD ZONA 1
	PELIGROSIDAD ZONA 2
	LOCALIZACIÓN EN EL MAPA
PROYECTO: PLANTA SITIO COOPEAGROPAL	
MAPA DE ZONAS DE PELIGROSIDAD PLANTA PLANTA DE COQUITO	
PROPIETARIO: COOPEAGROPAL R.L.	
CERRILLO ARICA S DEL 2010/11	
PROYECTO	DISEÑO
INSTRUMENTADO	REVISADO
PROFESIONAL RESPONSABLE DISEÑO	
NOMBRE	ING. CESAR RAMON MORALES
FECHA	06 FEB. DEL 2020
PROFESIONAL RESPONSABLE DISEÑO TÉCNICA	
NOMBRE	ING. CESAR RAMON MORALES
FECHA	06 FEB. DEL 2020
DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA	
OPERADOR	MORAN ABEL, ZAPATA CASTRO
INFORMACIÓN REGISTRO FONDER	
PROPIETARIO: COOPEAGROPAL R.L.	
NO. CANTONERO: P. 00000000000000000000	
CITAD. EL PARTO DEL POLCO REAL N° 00000000000000000000	
CONTENIDO:	
+ MAPA DE ZONAS DE PELIGROSIDAD	
ESCALA	INDICADA
FECHA	06 FEBRERO 2020
LÁMINA	

Fuente : Valverde, H. 2016

L. Anexos

1. Características de equipos eléctricos



ATEX

La protección contra explosiones en los estados miembros de la Unión Europea. En el año 1994, la protección contra explosiones de la UE se armonizó con la directiva número 94/9/CE, la llamada ATEX.

Protección contra explosiones con la categoría de «Protección intrínseca»

En muchos sectores de la industria se trabaja en ambientes con gases, vapores, niebla y polvo; en otros sectores, las sustancias inflamables surgen durante el procesamiento. Si estas sustancias se mezclan con el aire y entran en contacto con una fuente de ignición existe riesgo de explosiones. Para evitar los daños materiales, ambientales y personales que pueden resultar de ello, se han desarrollado medidas de protección contra explosiones.

Los dispositivos de «Seguridad intrínseca» indican que la energía del circuito eléctrico es reducida hasta tal punto que no puede inflamarse ninguna mezcla de combustible debido a chispas o temperatura superficial del propio dispositivo.

La «Seguridad intrínseca» tiene la posibilidad de abrir y cambiar los circuitos eléctricos bajo tensión durante el funcionamiento.

Ex significa que cumple con los reglamentos europeos. De acuerdo con EN 50020, los dispositivos intrínsecamente seguros disponen o bien de dos medidas de protección independientes, la, o únicamente de una medida de protección Ib.

Ex II 2 G E Ex d IIB T6 PTB 06 ATEX 1211

I = Minera o instalaciones pertenecientes a ella en el exterior.
II = Todos los demás sectores (p.e. la industria química).

Indicador de que el producto puede usarse en áreas con riesgo de explosión

Equipo con protección de explosión

Conforme a Normas estándar Europeas Comité: EN 50...

Año de certificación

Test laboratorio

G = protección contra explosiones en una atmósfera con Gases.
D = protección contra explosiones en una atmósfera con Polvo.

Área de riesgo de explosión

Grupo Explosión	Tipo Gas	Poder Ignición μJ
I	Metano	250
II A	Propano	>180
II B	Etileno	60, 180
II C	Hidrógeno	<60

Maxima temperatura superficial permitida
T1 = 450 °C
T2 = 300 °C
T3 = 200 °C
T4 = 135 °C
T5 = 100 °C
T6 = 85 °C

El concepto de Zonas

El concepto de zonas se basa en la probabilidad de aparición de una atmósfera explosiva peligrosa (EN 60079-10, EN 1127).

Se distingue entre las zonas 0 a 2 (atmósfera con gases, niebla y vapores) y las zonas 20 a 22 (atmósfera con polvo).

Zona 0: la atmósfera peligrosa de gases es continua, frecuente o dura un largo periodo.

Zona 1: la atmósfera peligrosa es ocasional.

Zona 2: la atmósfera peligrosa se da en raras ocasiones o en periodos cortos.

Zona 20: La atmósfera peligrosa es debida a la existencia de una nube de polvo y es continuada, frecuente o dura un largo periodo.

Zona 21: Puede aparecer una nube de polvo en el aire, ocasionalmente, durante el funcionamiento normal.

Zona 22: Durante el funcionamiento normal no debe aparecer una nube de polvo, y si se da el caso, esta debiera durar muy poco tiempo.

Categoría	Para zonas
Categoría 1 Mayor protección con 2 protecciones independientes, para 2 condiciones de error	0, 20 1, 10
Categoría 2 Alta protección para las más frecuentes averías, para 1 condición de error	1, 21 2, 11
Categoría 3 Normal protección para funcionamiento sin averías	2, 22 3, 12

Tipo de prueba de explosión	EN	Descripción
o	EN 50 015	Inmersión en aceite
p	EN 50 016	Armarío presurizado
q	EN 50 017	Relleno arena
d	EN 50 018	Armarío ignífugo
e	EN 50 019	Seguridad incrementada
i	EN 50 020	Seguridad intrínseca
n	EN 50 021	No ignición
m	EN 50 028	Encapsulación
j	EN 50 030	Seguridad intrínseca en sistemas eléctricos

Directiva 94/9/CE

Número de serie certificado

2. Modos de protección.

Equipos eléctricos (gases)	
Modo	Símbolo
Envolvente antideflagrante	d
Presurización	$\begin{matrix} p \\ (p_x, p_y, p_z) \end{matrix}$
Encapsulado	$\begin{matrix} m \\ (m_a, m_b) \end{matrix}$
Relleno pulverulento	q
Inmersión en aceite	o
Seguridad aumentada	e
Seguridad intrínseca (equipos)	$\begin{matrix} i \\ (i_a, i_b) \end{matrix}$
Modos simplificados Protección "n"	nA, nC, nR, nL

Símbolo del modo de protección:

Equipos eléctricos (polvos)	
Modo	Símbolo
Envolvente	tD
Presurización	pD
Seguridad intrínseca	iaD ibD
Encapsulado	maD, mbD

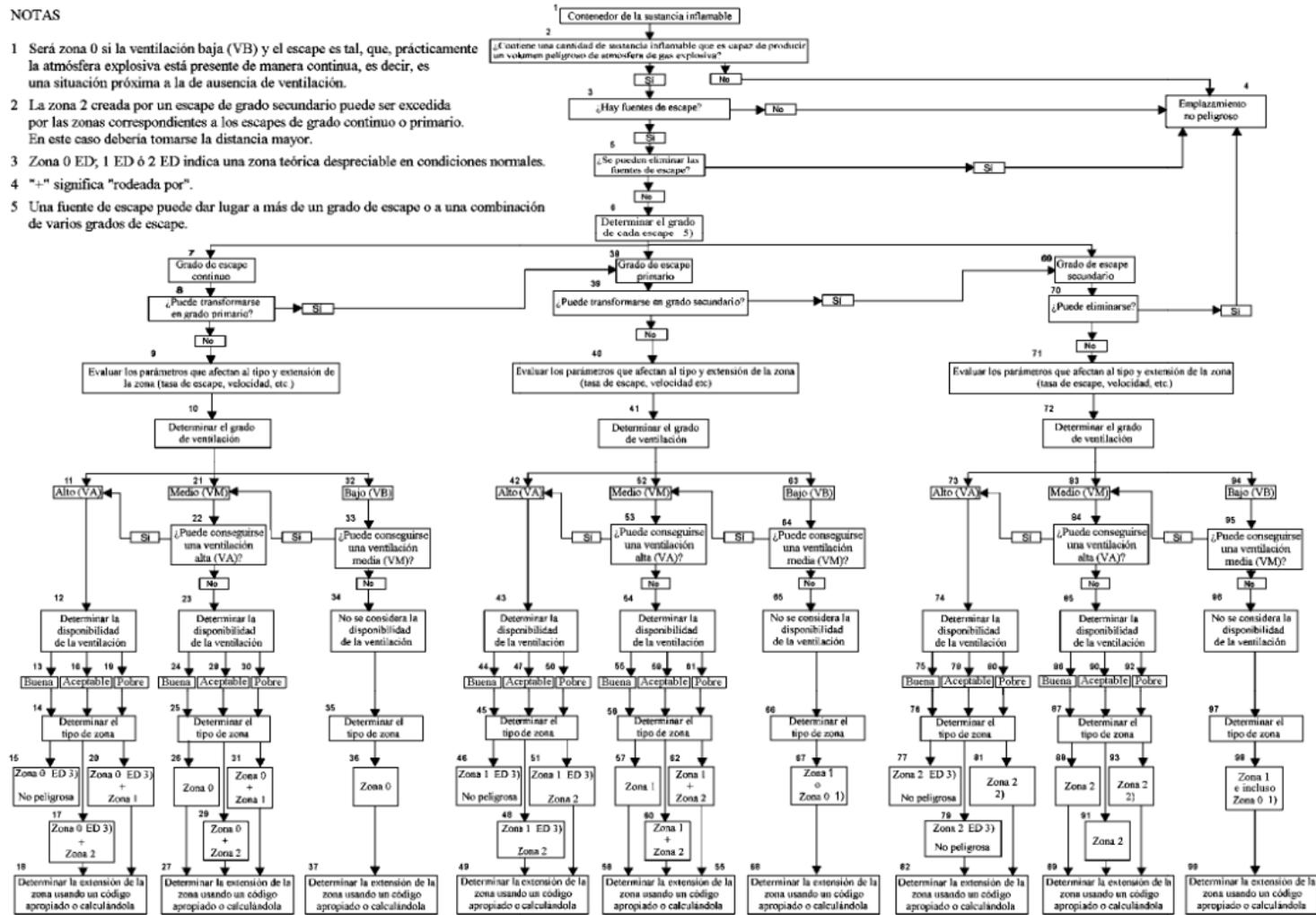
3. Símbolo IP

Valor	Grado de estanqueidad
0	Sin protección
1	Protección contra objetos > 50 mm
2	Protección contra objetos > 12 mm
3	Protección contra objetos > 2,5 mm
4	Protección contra objetos > 1 mm
5	Protegido contra el polvo
6	Totalmente protegido contra el polvo

4. Diagrama de planeamiento de la clasificación de emplazamientos peligrosos

NOTAS

- 1 Será zona 0 si la ventilación baja (VB) y el escape es tal, que, prácticamente la atmósfera explosiva está presente de manera continua, es decir, es una situación próxima a la de ausencia de ventilación.
- 2 La zona 2 creada por un escape de grado secundario puede ser excedida por las zonas correspondientes a los escapes de grado continuo o primario. En este caso debería tomarse la distancia mayor.
- 3 Zona 0 ED; 1 ED ó 2 ED indica una zona teórica despreciable en condiciones normales.
- 4 "+" significa "rodeada por".
- 5 Una fuente de escape puede dar lugar a más de un grado de escape o a una combinación de varios grados de escape.



VI. Bibliografía

Becerra V, O. E. (2012). *Elaboración de Instrumentos de Investigación*.

Benemérito Cuerpo de Bomberos Costa Rica. (2015). *Estadísticas: Investigación de incendios 2015*. Recuperado el 1 de Agosto de 2016, de <http://www.bomberos.go.cr/estadisticas/>

Company, The Spencer Turbine. (2009). *Sopladores y sistemas de vacío con ingeniería de vanguardia*. Recuperado el 1 de Setiembre de 2016, de www.spencerturbine.com

Eckhoff, R. (2005). *Explosion Hazard in the process industries*. Houston TX: Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

Escuer, F., & Garcia, J. (2005). *Clasificación de zonas en atmósferas explosivas*. Barcelona: Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Barcelona.

Haynes, W. M. (2013). *Hand Book of Chemistry and Physics*. Taylor & Francias Group LLC.

Hernandez Sampieri, R. (2015). *Metodología de la Investigación* (6ta edición ed.). Mexico D.F: McGRAWHILLI INTERAMERICMA.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2000). *Señalización de seguridad e higienen en le trabajo*. COsta Rica: INTECO.

Instituto de Seguridad y Salud Laboral de Castilla y León . (2010). *Prevención de reisos en atmósferas explosivas*. Madrid: Junta de Castilla y León .

INTECO 31-06-07-2011. (2011). *Guía para la identificación de los peligros y la evaluación de los riesgos de salud y seguridad ocupacional*.

López, A. (2013). *Elaboracion de un documento de portección contra explosiones*.

Mettler, & Toledo. (2014). *Estándares y normativas de zonas seguras* .

NFPA 497 (2012). (2012). *Práctica Recomendada para la Clasificación de Líquidos Inflamables, Gases o Vapores Inflamables y de Áreas Peligrosas (Clasificadas) para Instalaciones Eléctricas en Áreas de Procesamiento Químico*.

NFPA 499. (2012). *Práctica Recomendada para la Clasificación de Polvos Combustibles de Áreas Peligrosas (Clasificadas) para Instalaciones Eléctricas en Áreas de Procesamiento Químico*.

NFPA 921, N. F. (2011). *NFPA 921 Guía para la investigación de incendios y explosiones* (2011 ed.).

Norma Europea EN 60079-10-01. (2010). *Atmósferas explosivas* .

Norma Europea EN 60079-10-02. (2010). *Atmosferas explosivas* .

Núñez, A. (2012). *Documeneto de porteccción contra explosiones* .

Organización Internacional del Trabajo. (2000). *Control de Riesgo de Accidentes Mayores*. Ginebra.

R.L., C. (2016). *Coopeagropal R.L.* Obtenido de <http://www.coopeagropal.co.cr/>

US Chemical Safety and Hazard Investigation Board. (2008). *LPG FIRE AT VALERO – MCKEE REFINERY*.

Recuperado el 01 de Agosto de 2016, de

file:///C:/Users/JorgeAlberto/Downloads/CSBFinalReportValeroSunray.pdf

Vega Almagro, A. (2013). Prevencion de atósfera explosivas generadas por polvo en el lugar de trabajo. En *Gestión prácticas de riesgos laborales* (págs. 34-38).

Vílchez Bettini, A. (2011). *Establecimiento del plano para la clasificación de áreas peligrosas frente a atmósfera explosivas en una unidad de refenería*. MAdrid: Universidad Carlos III de Madrid .

VII. Apéndice

A. Herramienta para la identificación de fuentes de escape y determinación de grados de escape

Tabla 26 Herramienta para la identificación de fuentes de escape y determinación grados de escape.

Herramienta para la identificación de fuentes de escape y determinación grados de escape.			
Fecha aplicación :		Nombre del aplicador:	
Sector de aplicación:		Nombre de la empresa:	

Fuentes de escape	Nombre de maquina o proceso	Condiciones del proceso de operación		Sustancia	Tipo de escape		Observaciones
		Temperatura	Presión		Tipo de zona	Grado de escape	
Superficie de un líquido inflamable en un tanque cerrado con un venteo permanente a la atmósfera.							
Superficie de un líquido inflamable que está abierto a la atmósfera							

continuamente o por largos períodos.						
Sellos de bombas y válvulas						
Puntos de drenaje						
Puntos de muestreo						
Válvulas de seguridad						
Válvulas de venteo						
Bridas, uniones o accesorios de tubería						
Aberturas						
Interior de equipos de proceso como molinos y mezcladoras						
Interior de equipos en los cuales se introduce o forma polvo, como silos o tolvas						
Interior de algunos equipos de proceso						
Alrededores de una boca de llenado						

Área situada en las proximidades de un punto de ensacado abierto						
Puertas de inspección que deben ser abiertas de forma ocasional y durante un corto período de tiempo						
Salas de manipulación de polvo donde hay depósitos de polvo presentes						
Venteos que permanecen normalmente cerrados dentro del funcionamiento normal se pueden incluir						
Otros:						

Fuente: Valverde, H. 2016.

B. Observación No participativa

Observación participativa en de procesos para la identificación de sustancias inflamables o combustibles.

Tabla 27 Identificación de sustancias inflamables o combustibles.

Área o máquina	¿Cuántas sustancias se almacenan?	¿Cuáles sustancias son almacenadas o utilizadas?	Cantidad	Cantidad de MSDS	Observaciones
Biodigestor					
Planta de refinación.					
Planta de extracción					
Planta de coquito					
Planta de fraccionamiento					

Fuente: Valverde, H. 2016.

C. Entrevista

Cuestionario: Aspectos para la de terminación de grados de fuentes de escapes y procesos industriales

Información general

Fecha	
Área a la que pertenece	
Función que desempeña	
Año de laborar en el puesto	
Entrevista realizada por	

A continuación, se presenta una serie de preguntas relacionadas con las fuentes de escape presentes en las diferentes zonas del proceso productivo de la empresa, estas tienen como fin determinar los grados de escape.

1. ¿En el proceso o actividad de la cual se encuentra a cargo de da la presencia de alguna de estas sustancias?

___ Biogas ___ Ácidos grasos ___ polvo de coquito

¿Hay o podría haber alguna fuga de material o sustancia mencionados anteriormente durante alguna parte del proceso productividad realizada? Si es así indicar la zona

___ Sí Zona _____ _____ No

¿Con qué frecuencia se presentan fugas o derrame de sustancias durante el proceso o actividad realizada?

_____ Frecuentemente o largos periodos

_____ Ocasionalmente, durante el funcionamiento normal

_____ No frecuentemente, se espera durante funcionamiento normal

¿El proceso que se realiza bajo la presencia de temperaturas y presiones superiores o inferiores a la ambiental? Si es así indique las magnitud .

___ Sí Temperatura ___°C Presión ___bar _____ No

Describa brevemente los procesos o tareas realizadas.

¿Cuáles son los principales riesgos de explosión de la planta o durante el proceso?

¿Se ha presentado algún tipo de accidente relacionado con una explosión o incendio en el proceso o planta relacionada al uso de gases, vapores inflamables y polvos combustibles?

Nota. Esta entrevista queda abierta a otras preguntas que se generen durante la entrevista al personal que fue aplicada.

D. Inventario de actividades

En el siguiente inventario se anotarán todas las actividades realizadas por los trabajadores las cuales genere una fuente de escape por fugas de sustancias inflamables o comburentes, además, procesos de mantenimiento preventivo o correctivo realizado en planta.

Tabla 28 Actividades realizadas por los trabajadores las cuales genere una fuente de escape por fugas de sustancias inflamables o comburentes.

Actividad	Fecha	Duración en minutos	Sustancias inflamable o comburente	Observaciones

Fuente: Valverde H. 2016

E. Volumen de propagación y radios de propagación según el caudal de escape para cada fuente

Tabla 29 Volumen y expansión para cada fuentes de escape de la planta del tratamiento anaeróbica.

Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G1)											
Fuente	Fuente de escape	Identificación	Grado de escape	Tasa escape (Kg/s)	Coefficiente de seguridad (k)	LIE	Factor (f)	T/273	Caudal ventilación	Volumen	Radio(metros)
Válvula	Válvula de seguridad	V068	Secundario	0,19930	0,5	0,033	1	1,09	13,1849	439,4968	4,71
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G2, G3 y G6)											
Motor	Blower	V1	Primario	0,002	0,25	0,033	2	1,09	0,2646	17,6416	1,61
Compensadores válvulas	Compensador	C35	Secundario	0,0008	0,5	0,033	2	1,09	0,0529	3,5283	0,94
	Compensador	C37	Secundario	0,0008	0,5	0,033	2	1,09	0,0529	3,5283	0,94
	Válvula de paso	K069	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula Check	R070	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de paso	K071	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de emergencia	K072	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de paso	K073	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula paso	K074	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
Descargas	Salida antorcha	-	Primario	0,1495	0,25	0,033	1	1,09	19,7807	659,3555	5,4
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G4+G5)											
Motor	Blower	V2	Primario	0,002	0,25	0,033	2	1,09	0,2646	17,6416	1,61

Compensadores	Compensador	C27	Secundario	0,0008	0,5	0,033	2	1,09	0,0529	3,5283	0,94
	Compensador	C28	Secundario	0,0008	0,5	0,033	2	1,09	0,0529	3,5283	0,94
Válvulas	Válvula de paso	K077	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula Check	R078	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de paso	K079	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de emergencia	K080	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de muestreo	H081	Primario	0,0015	0,25	0,033	1	1,09	0,1985	6,6156	1,16
	Válvula paso	K082	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de paso	K135	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de bola	BV73	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de paso	K136	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G7+G8)											
Motor	Blower	V3	Primario	0,002	0,25	0,033	1	1,09	0,2646	8,8208	1,28
	Blower	V4	Primario	0,002	0,25	0,033	1	1,09	0,2646	8,8208	1,28
Compensadores	Compensador	C31	Secundario	0,0008	0,5	0,033	1	1,09	0,0529	1,7642	0,75
	Compensador	C32	Secundario	0,0008	0,5	0,033	1	1,09	0,0529	1,7642	0,75
	Compensador	C33	Secundario	0,0008	0,5	0,033	1	1,09	0,0529	1,7642	0,75
	Compensador	C34	Secundario	0,0008	0,5	0,033	1	1,09	0,0529	1,7642	0,75
Válvulas	Válvula de paso	K086	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula Check	R087	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de paso	K088	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88

	Válvula de paso	K089	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula Check	R090	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de paso	K091	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de emergencia	K101	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
	Válvula de emergencia	K102	Secundario	0,0013	0,5	0,033	1	1,09	0,0860	2,8668	0,88
Carpa	Lona	-	Primario	0,0007	0,25	0,033	1	1,09	0,0926	3,0873	0,9

F. Clasificación de emplazamientos para cada fuente de escape

Tabla 30 Clasificación de emplazamientos para cada fuente de escape biodigestor

Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G1)					
Origen	Fuente de escape	Identificación	Grado de escape	Ventilación	Clasificación de Emplazamiento
Válvula	Válvula de seguridad	V068	Secundario	VM- Buena	Zona 2
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G2+G3+G6)					
Origen	Fuente de escape	Identificación	Grado de escape	Presión (mbar)	
Motor	Blower	V1	Primario	VM- Buena	Zona1
Compensadores	Compensador	C35	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Compensador	C37	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K069	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula Check	R070	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K071	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de emergencia	K072	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K073	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula paso	K074	Secundario	VM- Buena	Zona 2
Descargas	Salida antorcha	-	Primario	VM- Buena	Zona 1
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G4+G5)					

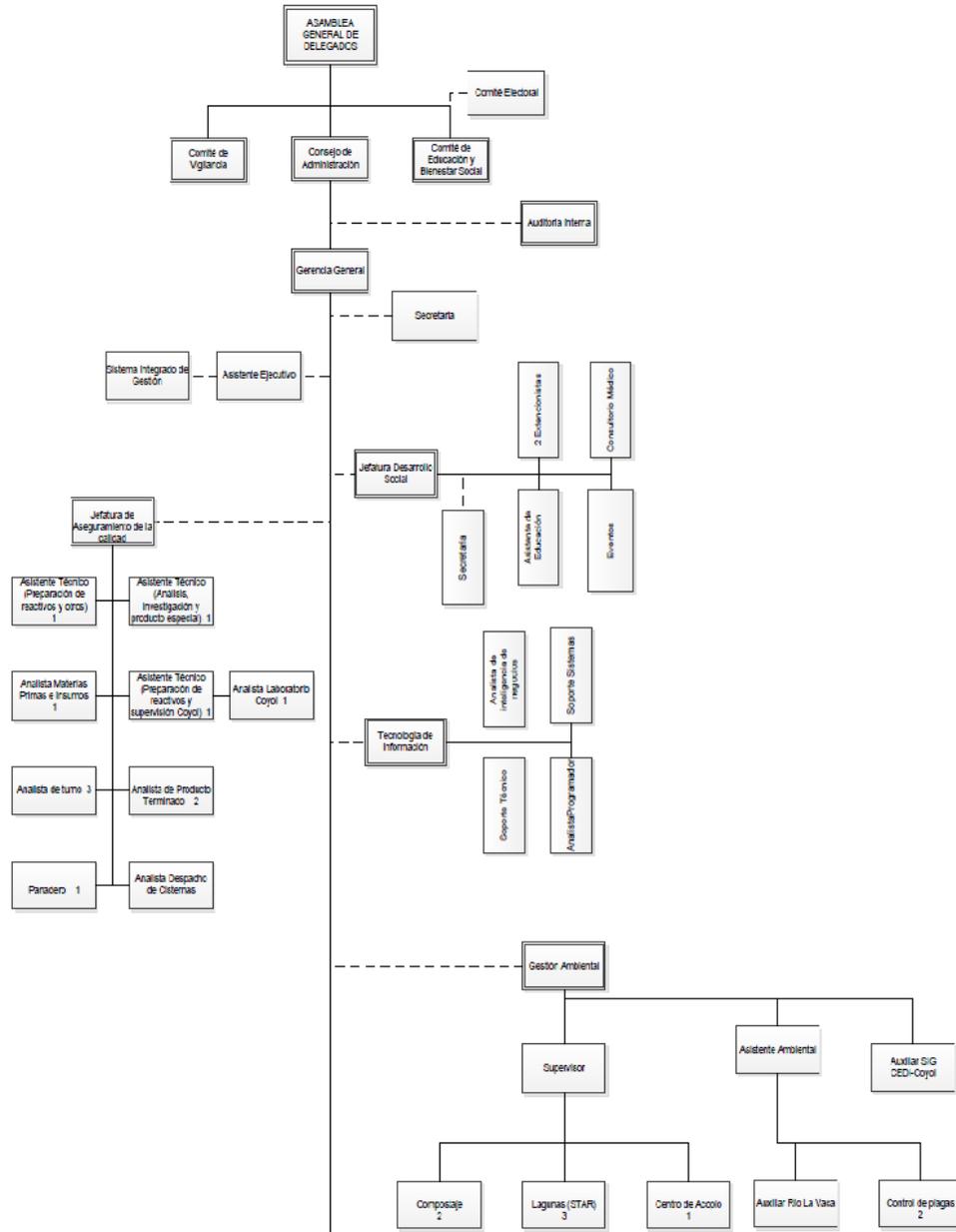
Motor	Blower	V2	Primario	VM- Buena	Zona 1
Compensadores	Compensador	C27	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Compensador	C28	Secundario	VM- Buena	Zona 2
Válvulas	Válvula de paso	K077	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula Check	R078	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K079	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de emergencia	K080	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de muestreo	H081	Primario	VM- Buena	Zona 1
	Válvula paso	K082	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K135	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de bola	BV73	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K136	Secundario	VM- Buena	Zona 2
Entradas /Salidas	Manhole DS		Secundario	VM- Buena	Zona 2
Fuentes de escape del biodigestor (Línea de gas G7+G8)					
Motor	Blower	V3	Primario	VM- Buena	Zona 1
	Blower	V4	Primario	VM- Buena	Zona 1
Compensadores	Compensador	C31	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Compensador	C32	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Compensador	C33	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Compensador	C34	Secundario	VM- Buena	Zona 2

Válvulas	Válvula de paso	K086	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula Check	R087	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K088	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K089	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula Check	R090	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de paso	K091	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de emergencia	K101-	Secundario	VM- Buena	Zona 2
	Válvula de emergencia	K102	Secundario	VM- Buena	Zona 2

VIII. Anexos

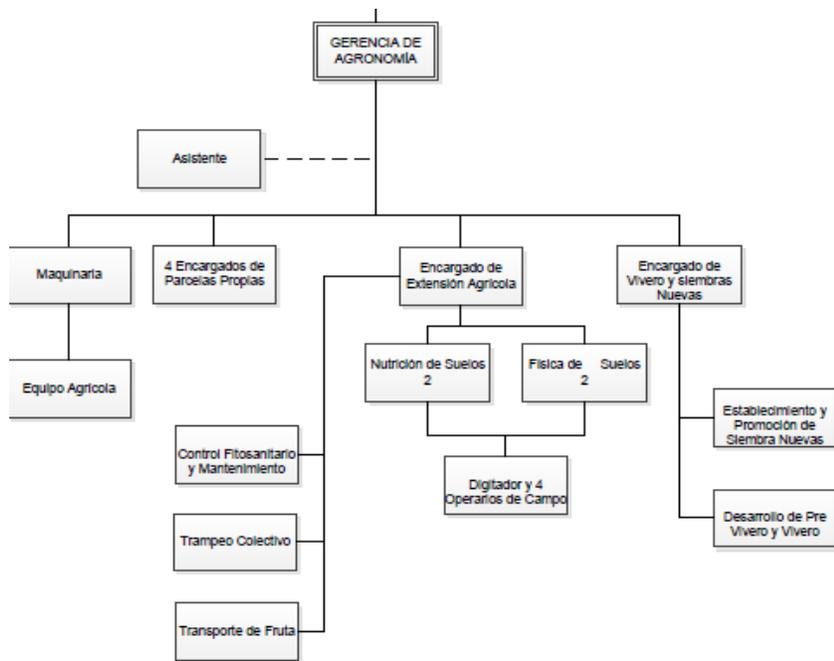
A. Organigrama Coopeagropal R.L

- Asamblea Admirativa y Gerencia General.



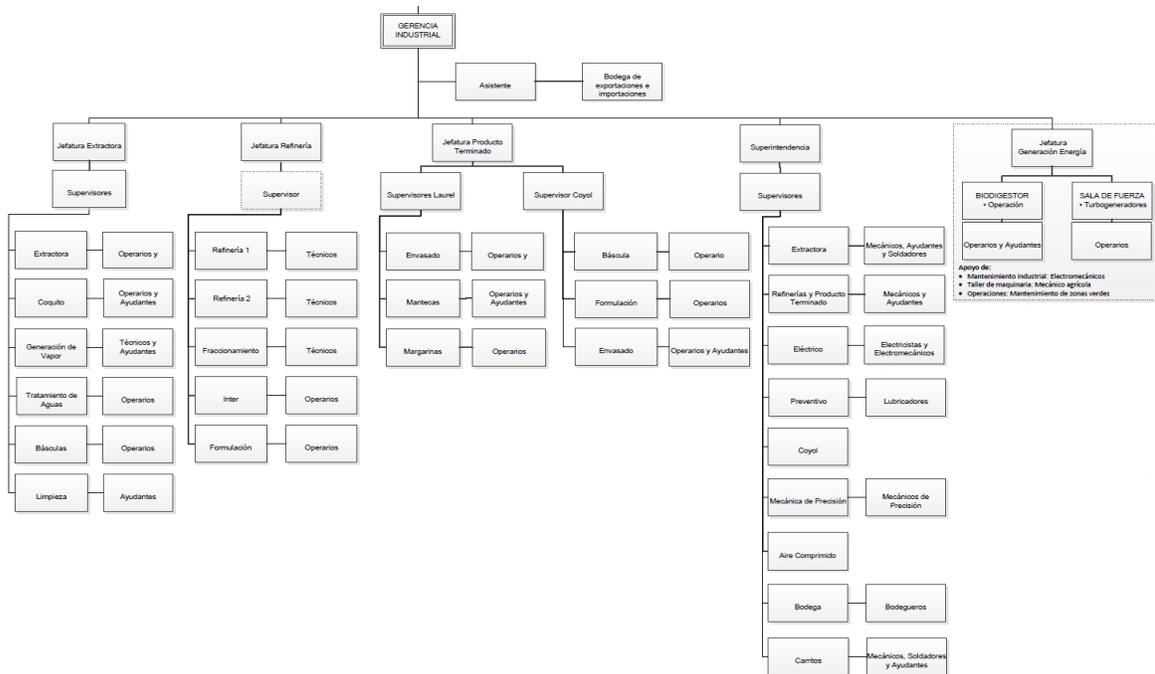
Fuente: Coopeagropal R.L. 2014.

- Gerencia Agronomía



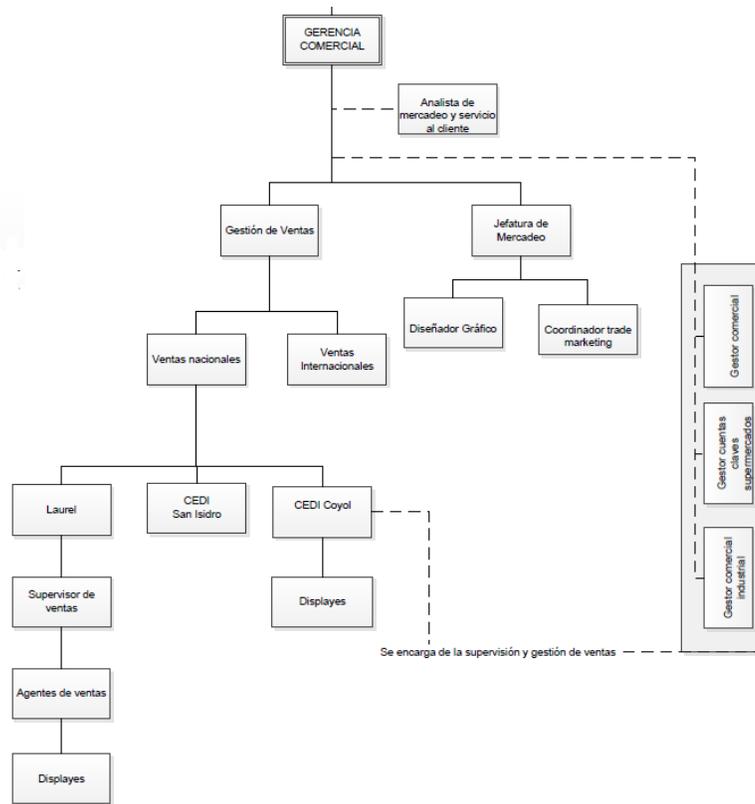
Fuente: Coopeagropal R.L. 2014.

- Gerencia Industrial



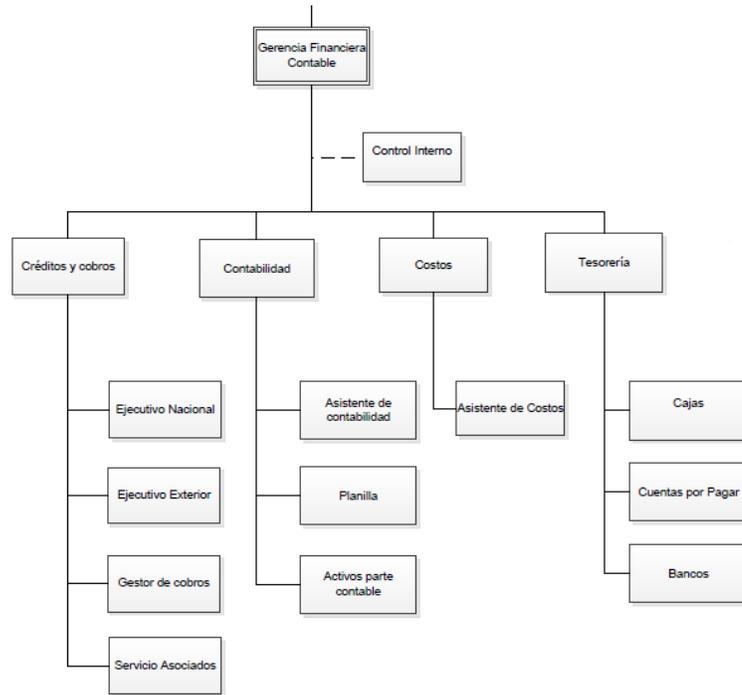
Fuente: Coopeagropal R.L. 2014.

- Gerencia Comercial



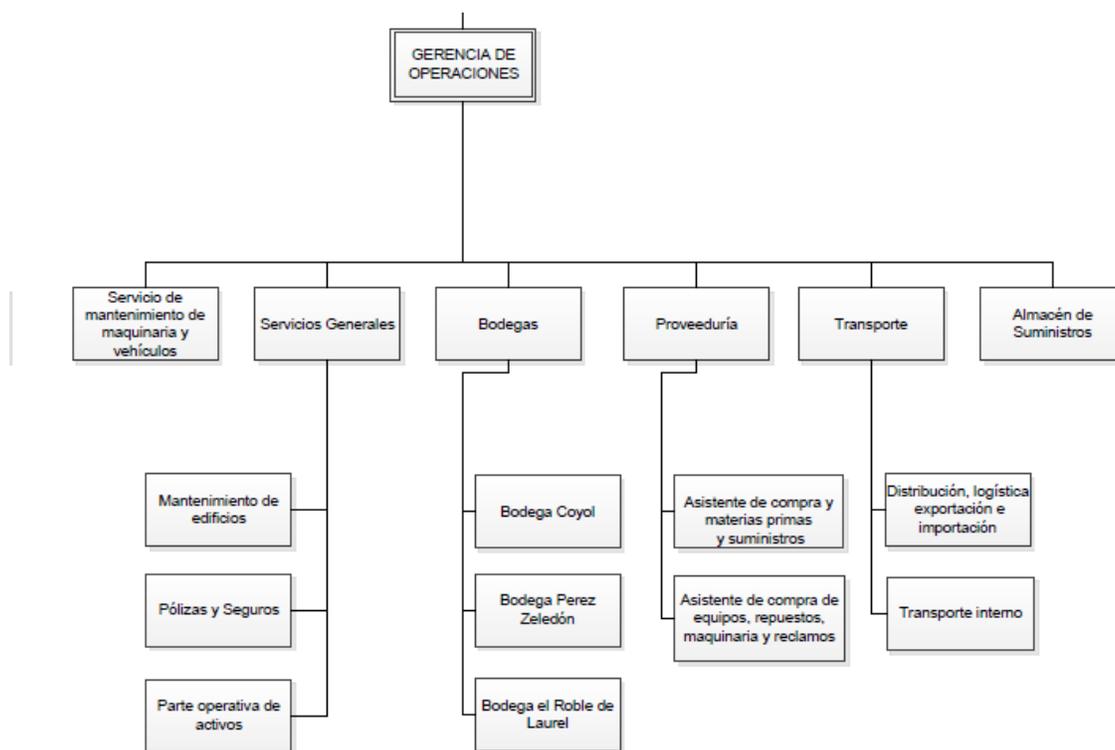
Fuente: Coopeagropal R.L. 2014.

- Gerencia Financiera Contable



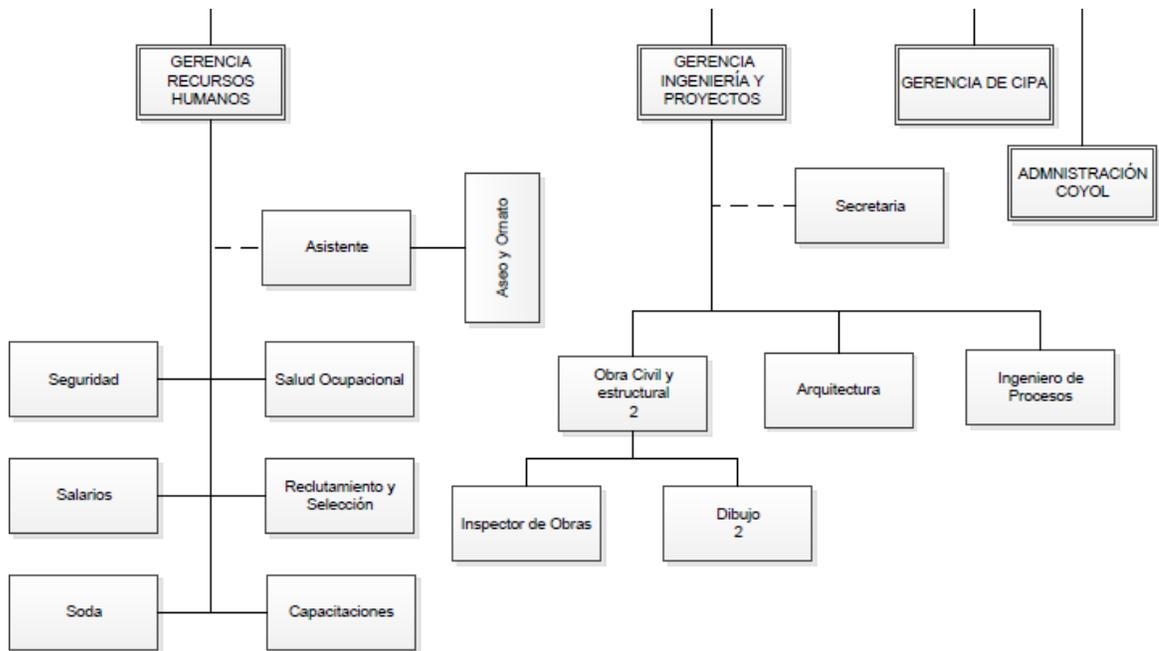
Fuente: Coopeagropal R.L. 2014.

- Gerencia Operaciones



Fuente: Coopeagropal R.L. 2014.

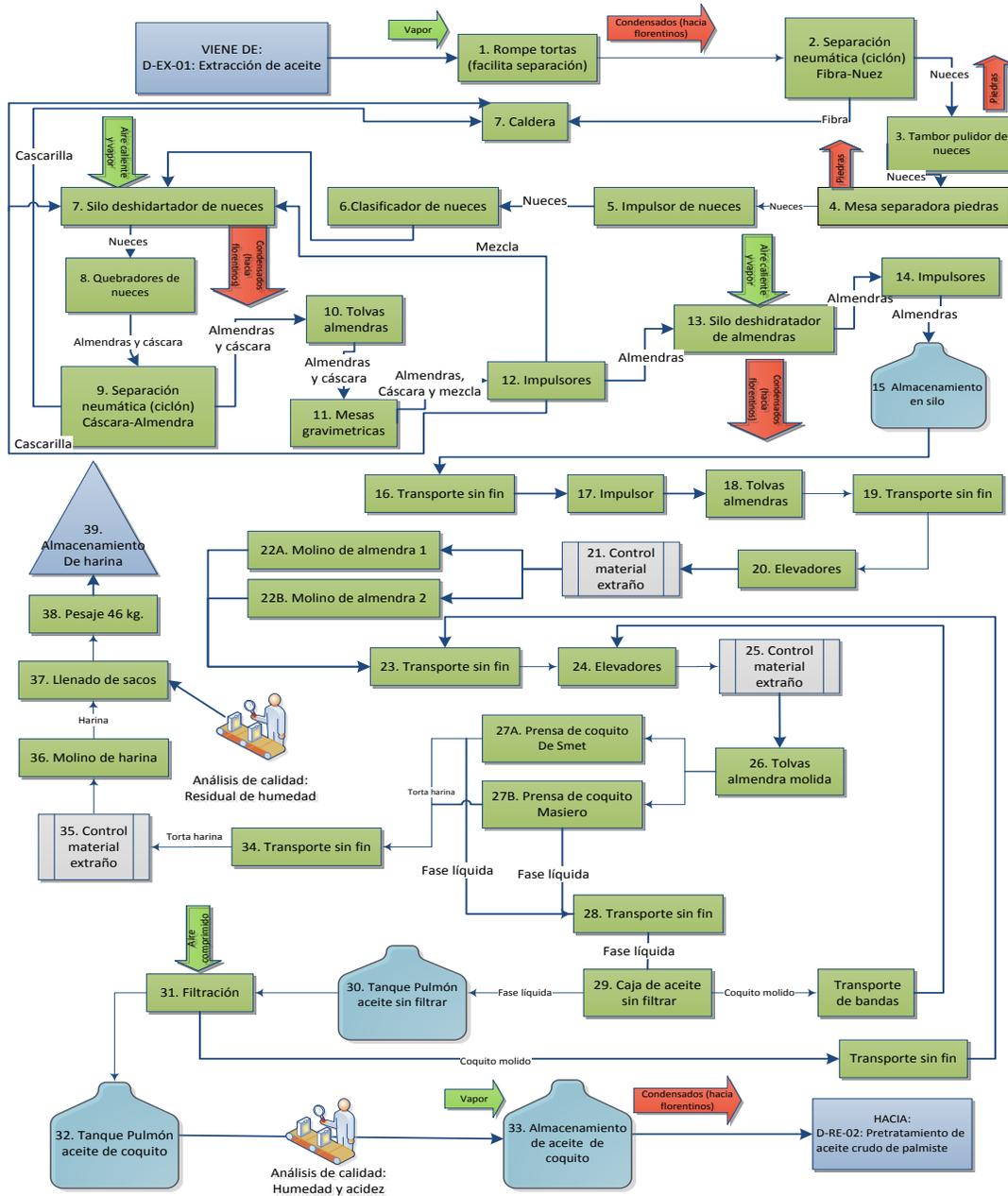
- Gerencia RRHH, Ingeniería y CIPA



Fuente: Coopeagropal R.L. 2014

3. Planta de Coquito

Ilustración 18 Diagrama de proceso de Palmistería



Fuente: Copeagropal RL. 2016.

C. Hojas de seguridad - MSDS

1. Metano

Metano

CH₄

GASES PUROS

Marcado

Número-CAS 74-82-8

Caracterización ADR UN 1971, Metano comprimido, 2.1
Clase 2, 1F

Marcado de la Botella



ojiva:
rojo

Propiedades esenciales

Gas incoloro, inodoro, inflamable, comprimido, más ligero que el aire

Simbología de Riesgo



altamente inflamable



Gas comprimido

Características Físicas

Peso molecular: 16,043 kg/kmol

Densidad del gas a 0°C y 1,013 0,7175 kg/m³

bar:

Densidad relativa al aire: 0,5549

Para Información adicional de seguridad ver Hoja de Seguridad del producto **ESP-CH4-078A**

Válvulas / Reguladores

Conexiones de válvulas Tipo E

Reguladores recomendados Spectrolab FM 51/FM 52



Conexiones de válvulas Tipo E
 Reguladores recomendados Spectrolab FM 51/FM 52



Especificaciones / Forma de entrega						
		2.5	3.5	4.5	5.5	
Composición						
CH ₄	>	99,5	99,95	99,995	99,9995	Vol.-%
Impurezas						
O ₂	<	100	5	2	0,5	ppmv
N ₂	<	600	100	10	1,5	ppmv
CO + CO ₂	<	-	10	1	-	ppmv
H ₂ O	<	-	5	5	2	ppmv
otro HC	<	1500	100	5	0,1	ppmv
H ₂	<	2000	5	1	0,1	ppmv
CO ₂	<	-	-	-	0,5	
Botellas / Contenidos						
B 10		2,5	2,5	2,5	2,5	m ³
B 40 Alu		-	10,1	10,1	10,1	m ³
B 50		12,6	-	-	-	m ³
CV 12* B 50		151,2	-	-	-	

detección detector para gases inflamables

Datos de seguridad
 Rango de Explosión 4,4 - 17 Vol. %
 Temperatura de ignición 595 °C

Materiales
 Botellas y Válvulas: cualquier material habitual
 Juntas: PTFE, PCTFE, PVDF, PA, PP, NBR, CR, FKM

Características Físicas	
Peso molecular	16,043 kg/kmol
Punto Crítico	
Temperatura	190,555 K
Presión	45,99 bar
Densidad	0,162826 kg/l
Punto Triple	
Temperatura	90,68 K
Presión	0,1174 bar
Punto de Ebullición	
Temperatura	111,63 K; -162 °C
Densidad de líquido	0,4226 kg/l
Calor de evaporación	510,3 kJ/kg
Presión de vapor a 20°C	
Densidad del gas a 0°C y 1,013 bar	0,7175 kg/m ³
Densidad relativa al aire	0,5549
Densidad del gas a 15°C y 1 bar	0,6709 kg/m ³
Factor de Conversión	
Líquido en Ts a gas en m3 (15°C, 1 bar)	
Coefficiente Virial	
Bn a 0°C	-2,37*10 ⁻³ bar ⁻¹
B30 a 30°C	-1,63*10 ⁻³ bar ⁻¹
Estado Gaseoso a 25°C y 1 bar	
Capacidad calorífica específica cp	2,232 kJ/kg K
Conductividad térmica	338,9*10 ⁻⁴ W/m K
Viscosidad dinámica	11,2*10 ⁻⁶ Ns/m ²

2. Ácidos Grasos



Sistema Integrado de Gestión

I-AC-10 – Hoja de Seguridad de Ácidos Grasos

Última versión aprobada el: 08/08/2016 09:33 a.m. Página 1 de 3

1. Producto Químico e Identificación de la Empresa

- Nombre Comercial: Ácidos Grasos
- Proveedor: Coopeagropal R.L.
- El Roble de Laurel, Corredores, Puntarenas, C.R
- Tel: (506) 2780 0000
- Teléfono de Emergencia: 911

2. Composición e Información de Ingredientes

- Definición/Origen Botánico: No hidrogenado.
- Status: Natural
- Aditivos: N/A.
- Aplicaciones: En la industria jabonera y oleoquímica.
- Nombre especie: *Elaeis Guineensis*

3. Identificación de Peligros

No se considera peligroso bajo uso normal. Observe siempre buenos procedimientos de manejo.

4. Medidas de Primeros Auxilios

- Contacto con ojos: Enjuagar con bastante agua al menos 15 minutos, si los síntomas persisten contacte al médico.
- Contacto con piel: Lavar con abundante agua y jabón. No es irritante.
- Inhalación: No se presentan vapores a temperaturas normales
- Ingestión: No se considera peligroso. Calidad comestible.
- Facilidades de primeros auxilios: No aplicable.
- Consejo médico: Ninguno.

5. Medidas Contra Incendios

- Flotabilidad del producto: Puede ser combustible a altas temperaturas
- Temperatura de autoignición: 340 °C (644.0 °F)
- Límites de inflamabilidad: No disponible
- Extinguir con polvo seco, dióxido de carbono, espuma o bruma de agua.

- No usar chorros de agua directamente en la materia ardiendo.
- Medidas Especiales: Evite la inhalación de vapor, manténgase alejado de los recursos de ignición, no fume, vista aparato respirador con buena presión y ropa protectora.
- Procedimiento de Extinción: Contenedores tapados pueden generar presión cuando se exponen al calor y deben ser enfriados con agua en spray.

6. Medidas de Alivio Accidental

- Precauciones personales: Evite el contacto con la piel, ojos y ropa. Note que los derrames pueden causar deslices peligrosos. Use equipo individual protector (lentes de seguridad, botas a prueba de agua, ropa protectora) en caso de regueros mayores.
- Precauciones ambientales: Manténgase alejado de drenajes, suelos, superficies y aguas subterráneas.
- Métodos de limpieza: Remueva todo recurso potencial de ignición. Material salpicado. Cúbralo con material absorbente inerte y no combustible. Recójalo y remueva hacia un contenedor de desecho. Limpiar el derrame agua caliente y detergentes. Ver las regulaciones locales de desecho.

7. Manejo y Almacenamiento

- Precauciones en el Manejo: Aplique buenas prácticas de manufactura y prácticas de higiene industrial. Observe buena higiene personal, no comer, beber o fumar durante el manejo. Evite descargas estáticas.
- Almacenamiento: Almacenar convenientemente en contenedor seguro, in un lugar frío y seco lejos de fuentes de calor y protegido de la luz. Mantenga contacto mínimo de aire.
- Protección Incendio: Manténgase lejos de fuentes de ignición y llamas. Tome

precaución para evitar descargas estáticas en áreas de trabajo.

8. Controles por Exposición / Protección Personal

- Protección respiratoria: No se necesitan medidas especiales si se trabaja en condiciones normales.
- Protección de manos: No se necesitan medidas especiales si se trabaja en condiciones normales.
- Protección de ojos: Use lentes de protección si hay riesgo de salpicaduras.
- Prácticas de higiene: Lávese las manos con agua y jabón después del manejo del producto.

9. Propiedades Físicas y Químicas

- Color: Amarillo claro
- Sabor: Característico del ácido graso.
- Apariencia: Líquida a temperatura ambiente.
- Olor: Libre de rancidez y olores extraños
- Solubilidad en agua: Insoluble en agua.
- Punto de derretido: No determinado.
- Soluble en alcohol: Soluble.
- Contenido de ácido graso: 80.00% (mín.).
- Valor de peróxidos: (meq O₂/kg): 2 máximo.
- Color (Lovibond celda 5.25): 70 amarillo máximo y 12 rojo máximo.
- Densidad: 0.920 a 32° C aproximadamente.

10. Estabilidad y Reactividad

- Estabilidad: Generalmente estable.
- Reactividad: Este presenta peligros reactivos no significantes, por si solo o en contacto con agua, evite el contacto con ácidos fuertes, agentes alcalino u oxidativas.

11. Información Toxicológica

No se conoce información

12. Información Ecológica

- Biodegradabilidad: Ligeramente biodegradable.

- Precauciones: Prevenga contaminaciones del suelo, y superficies acuáticas.

13. Consideraciones de disposición

- Evite depositar en sistemas de drenajes y en el ambiente.
- Observe las regulaciones locales de autoridad.

14. Información Sobre Transporte

- Carretera N/A
- Mar N/A
- Aire N/A
- Barco ver sección 15

15. información regulatoria de acuerdo a la directiva 88/379/eec

- Peligros: N/A
- Símbolos: N/A
- Riesgos: N/A
- Seguridad: N/A

16. Otra Información

- Producto Tipo / Usos: Glicéridos de Ácidos grasos
- Empacado: Tipo Conveniente
- Vidrio: Si
- Aluminio: Si
- HPPE: Si
- F/HDPE: Si
- Otro plástico: Si

Vida útil

Seis meses a partir de su fecha de producción y bajo las condiciones de almacenamiento adecuadas.

Requerimientos de calidad

En línea con las especificaciones generales del producto. Siempre satisfaciendo las conveniencias para la aplicación específica.

La información descrita en esta hoja de seguridad representa la información/análisis típicos para este producto y es la correcta para el uso del mismo. La información fue obtenida de fuentes actuales y fiables, pero es suplida sin garantía, expresada o implícita, con respecto a sus correcciones o exactitud. Es responsabilidad

del usuario determinar condiciones seguras para el uso de este producto, y asumir obligación por la pérdida, lesión o daño debido a su uso impropio. La información provista no constituye un contrato para suplir cualquier especificación a ninguna aplicación, o para ninguna aplicación dada y los compradores deben buscar y verificar los usos y requerimientos del producto.

Material Data Safety Sheet (MSDS):

Fatty Acids

1. Product Identification

MSDS Name: Fatty Acids

Company Identification: Glycerin Traders 2010 Michigan Ave. LaPorte, IN 46350

219-369-4991 office 219-851-6089 mobile

dzeedvk@hotmail.com www.glycerintraders.com

2. Composition/Information on Ingredients

CAS#	Chemical Name	Wt %	EINECS#
56-81-5	Glycerin	1-10	
67-56-1	Methanol	< 0.5	
124-41-4	Ash	3-7	
	Fatty Acid	85-100	
	Water	1-5	

3. Hazards Identification

EMERGENCY OVERVIEW

Appearance: Flash Point: >200 Deg F

May cause skin irritation May cause respiratory and digestive tract irritation Causes severe eye irritation and possible injury.

Potential Health Effects

Eye:

Produces irritation, characterized by a burning sensation, redness, tearing, inflammation, and possible corneal injury. Vapors may cause eye irritation. May cause painful sensitization to light.

Skin:

May cause skin irritation.

Ingestion:

May cause irritation of the digestive tract. May cause kidney damage.

Inhalation:

May cause respiratory tract irritation May cause effects similar to those described for ingestion.

Chronic:

Prolonged or repeated skin contact may cause dermatitis. Chronic inhalation and ingestion may cause effects similar to those of acute inhalation and ingestion.

4. First Aid Measures

Eyes:

Flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower lids. Get medical aid immediately.

Skin:

Get medical aid. Flush skin with plenty of soap and water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes.

Ingestion:

If victim is conscious and alert, give 2-4 cupfuls of milk or water. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical aid immediately. Induce vomiting by giving one teaspoon of Syrup of Ipecac.

Inhalation:

Remove from exposure to fresh air immediately. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical aid.

Notes to Physician:

Effects may be delayed. Ethanol may inhibit metabolism.

5. Fire Fighting Measures

General Information:

As in any fire, wear a self-contained breathing apparatus in pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent), and full protective gear. Will burn if involved in a fire. Use water spray to keep fire-exposed containers cool. Vapors may be heavier than air. They can spread along the ground and collect in low or confined areas. May be ignited by heat, sparks, and flame. Containers may explode when heated.

Extinguishing Media:

For small fires, use dry chemical, carbon dioxide, water spray or alcohol-resistant foam. Use water spray to cool fire-exposed containers. Water may be ineffective. For large fires, use dry chemical, carbon dioxide, alcohol-resistant foam, or water spray. Cool containers with flooding quantities of water until well after fire is out.

Auto ignition Temperature: 455 deg C (851.00 deg F)

Flash Point: >200 Deg F
NFPA Rating: health-0; flammability-0; reactivity-0
Explosion Limits, Lower: 6.00 vol %
Upper: 31.00 vol %

6. Accidental Release Measures

General Information: Use proper personal protective equipment as indicated in Section 8.

Spills/Leaks:

Absorb spill with inert material, (e.g., dry sand or earth), then place into a chemical waste container. Remove all sources of ignition. Provide ventilation. A vapor suppressing foam may be used to reduce vapors. Water spray may reduce vapor but may not prevent ignition in closed spaces

7. Handling and Storage

Handling:

Wash thoroughly after handling. Use only in a well ventilated area. Ground and bond containers when transferring material. Empty containers retain product residue, (liquid and/or vapor), and can be dangerous. Keep container tightly closed. Avoid contact with heat, sparks and flame. Avoid ingestion and inhalation. Do not ingest or inhale. Do not pressurize, cut, weld, braze, solder, drill, grind, or expose empty containers to heat, sparks or open flames.

Storage:

Keep away from heat, sparks, and flame. Keep away from sources of ignition. Store in a tightly closed container. Store in a cool, dry, well-ventilated area away from incompatible substances

8. Exposure Controls/Personal Protection

Engineering Controls:

Use adequate general or local exhaust ventilation to keep airborne concentrations below the permissible exposure limits.

Personal Protective Equipment

Eyes:

Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166.

Skin:

Wear appropriate protective gloves to prevent skin exposure.

Clothing:

Wear appropriate protective clothing to prevent skin exposure.

1. Producto Químico e Identificación de la Empresa

- Nombre Comercial: Ácidos Grasos
- Proveedor: Coopeagropal R.L.
- El Roble de Laurel, Corredores, Puntarenas, C.R
- Tel: (506) 2780 0000
- Teléfono de Emergencia: 911

2. Composición e Información de Ingredientes

- Definición/Origen Botánico: No hidrogenado.
- Status: Natural
- Aditivos: N/A.
- Aplicaciones: En la industria jabonera y oleoquímica.
- Nombre especie: Elaeis Guineensis

3. Identificación de Peligros

No se considera peligroso bajo uso normal. Observe siempre buenos procedimientos de manejo.

4. Medidas de Primeros Auxilios

- Contacto con ojos: Enjuagar con bastante agua al menos 15 minutos, si los síntomas persisten contacte al médico.
- Contacto con piel: Lavar con abundante agua y jabón. No es irritante.
- Inhalación: No se presentan vapores a temperaturas normales
- Ingestión: No se considera peligroso. Calidad comestible.
- Facilidades de primeros auxilios: No aplicable.
- Consejo médico: Ninguno.

5. Medidas Contra Incendios

- Flotabilidad del producto: Puede ser combustible a altas temperaturas
- Temperatura de autoignición: 340 °C (644.0 °F)
- Límites de inflamabilidad: No disponible
- Extinguir con polvo seco, dióxido de carbono, espuma o bruma de agua.

- No usar chorros de agua directamente en la materia ardiendo.
- Medidas Especiales: Evite la inhalación de vapor, manténgase alejado de los recursos de ignición, no fume, vista aparato respirador con buena presión y ropa protectora.
- Procedimiento de Extinción: Contenedores tapados pueden generar presión cuando se exponen al calor y deben ser enfriados con agua en spray.

6. Medidas de Alivio Accidental

- Precauciones personales: Evite el contacto con la piel, ojos y ropa. Note que los derrames pueden causar deslices peligrosos. Use equipo individual protector (lentes de seguridad, botas a prueba de agua, ropa protectora) en caso de regueros mayores.
- Precauciones ambientales: Manténgase alejado de drenajes, suelos, superficies y aguas subterráneas.
- Métodos de limpieza: Remueva todo recurso potencial de ignición. Material salpicado. Cúbralo con material absorbente inerte y no combustible. Recójalo y remueva hacia un contenedor de desecho. Limpiar el derrame agua caliente y detergentes. Ver las regulaciones locales de desecho.

7. Manejo y Almacenamiento

- Precauciones en el Manejo: Aplique buenas prácticas de manufactura y prácticas de higiene industrial. Observe buena higiene personal, no comer, beber o fumar durante el manejo. Evite descargas estáticas.
- Almacenamiento: Almacenar convenientemente en contenedor seguro, in un lugar frío y seco lejos de fuentes de calor y protegido de la luz. Mantenga contacto mínimo de aire.
- Protección Incendio: Manténgase lejos de fuentes de ignición y llamas. Tome

10. Estabilidad y Reactividad

- Inestabilidad: Estable.
- Materiales a Evitar: Ninguno
- Reacciones de descomposición:
Ambiente húmedo

11. Información Toxicológica

No se conoce información

12. Información Ecológica

- Biodegradabilidad: Ligeramente biodegradable.
- Precauciones: Prevenga contaminaciones del suelo, y superficies acuáticas.

13. Consideraciones de disposición

- Evite depositar en sistemas de drenajes y en el ambiente. Observe las regulaciones locales de autoridad.
- En caso de derrame la harina debe recogerse con utensilios normales de limpieza como escoba y recogedor.

14. Información Sobre Transporte

- Carretera N/A
- Mar N/A
- Aire N/A

15. información regulatoria de acuerdo a la directiva 88/379/eec

- Peligros: N/A
- Símbolos: N/A
- Riesgos: N/A
- Seguridad: N/A

16. Otra Información

- Producto Tipo / Usos: Molienda de almendra de palma aceitera.
- Empacado: Tipo Conveniente
- Vidrio: Si
- Otro plástico: Si

Vida útil

Tres meses a partir de su fecha de elaboración y bajo condiciones de almacenamiento adecuadas.

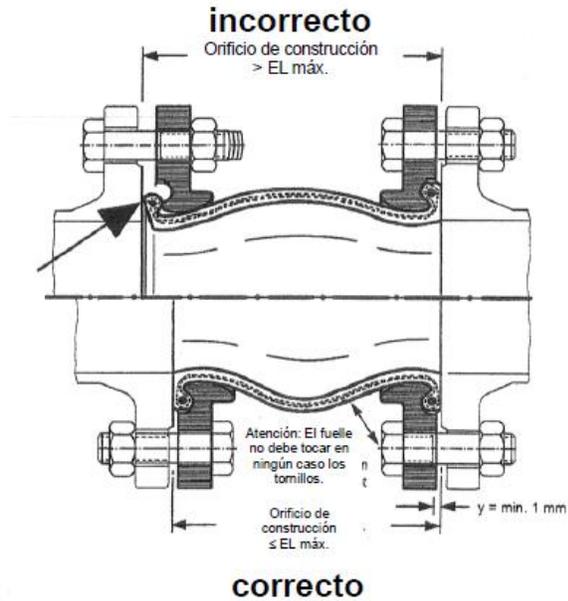
Requerimientos de calidad

En línea con las especificaciones generales del producto. Siempre satisfaciendo las conveniencias para la aplicación específica.

La información descrita en esta hoja de seguridad representa la información/análisis típicos para este producto y es la correcta para el uso del mismo. La información fue obtenida de fuentes actuales y fiables, pero es suplida sin garantía, expresada o implícita, con respecto a sus correcciones o exactitud. Es responsabilidad del usuario determinar condiciones seguras para el uso de este producto, y asumir obligación por la pérdida, lesión o daño debido a su uso impropio. La información provista no constituye un contrato para suplir cualquier especificación a ninguna aplicación, o para ninguna aplicación dada y los compradores deben buscar y verificar los usos y requerimientos del producto.

D. Instalación de compresores

Ilustración 19 Instalación correcta e incorrecta de compresores

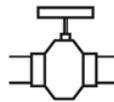


Fuente: HKS. (2009)

E. Diámetros de fuga de válvulas, bridas y empalmes

Ilustración 20 Diámetro de fuga de válvulas, bridas y empalmes

Válvulas Manuales



A=0,25 mm²

Bridas



Junta de fibra:
Ambiente vigilado
A=2,5 mm²
Ambiente no vigilado
A=5 mm²
Junta espirometálica
A=0,25 mm².
Junta metálica
A=0,5 mm²

Válvulas Automáticas



D<150 mm.
A=1 mm²

Empalmes



D<150 mm.
A=0,25 mm²

Fuente: ISSL. (2010)

F. Formulario

1. Volumen de escape

$$\frac{A \text{ máx}}{A \text{ escape}} = \frac{V \text{ máx}}{V \text{ escape}}$$

2. Determinar la densidad

$$\rho = m/v \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

3. Caudal mínimo teórico de ventilación

$$\frac{dV \text{ min}}{dt} = \frac{dG/dt \text{ max}}{K * LIEm} * \frac{T}{293}$$

$dG/dt \text{ max}$: Tasa máxima de escape de la fuente

K: factor de seguridad. 0,25 Continuo y primario – 0,5 Secundario

4. Volumen Teórico

$$Vk = \frac{f * dv \text{ min}/dt}{0,03}$$

f: Factor de flujo de aire obstaculizados (1-5). Manos obstáculos a mayor obstáculo.

G. Matriz para la clasificación de emplazamientos peligrosos

Ilustración 21 Matriz para la clasificación de emplazamientos peligrosos

Tabla B.1 – Influencia de la ventilación independiente en el tipo de zona

Grado de Escape	Ventilación						
	Grado						
	Alto			Medio		Bajo	
	Disponibilidad						
	buena	aceptable	pobre	buena	aceptable	pobre	buena, aceptable o pobre
Continuo	(Zona 0 ED) No peligrosa ^a	(Zona 0 ED) Zona 2 ^a	(Zona 0 ED) Zona 1 ^a	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	(Zona 1 ED) No peligrosa ^a	(Zona 1 ED) Zona 2 ^a	(Zona 1 ED) Zona 2 ^a	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 ^c
Secundario ^b	(Zona 2 ED) No peligrosa ^a	(Zona 2 ED) No peligrosa ^a	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e incluso Zona 0 ^c
<p>NOTA 1 "+-" significa "rodeada por".</p> <p>NOTA 2 Debería tenerse un cuidado especial para evitar situaciones donde emplazamientos cerrados que contengan fuentes que solo tengan escapes de grado secundario pudieran clasificarse como zona 0. Esto se aplica igualmente a pequeños emplazamientos cerrados no purgados ni presurizados, por ejemplo, paneles de instrumentos o envoltentes de protección de instrumentos contra la intemperie, emplazamientos acondicionados térmicamente aislados o espacios entre las tuberías y sus envolturas de aislamiento térmico. Conviene que tales envoltentes estén provistas de al menos algún tipo de aberturas localizadas apropiadamente que permitirán el movimiento del aire sin dificultad en el interior. Cuando esto no sea posible, práctico o deseable, se debería hacer un esfuerzo para mantener las potenciales fuentes de escape fuera de las envoltentes, por ejemplo, las conexiones de tuberías normalmente deben estar apartadas de las envoltentes de aislamiento así como cualquier otro equipo que pueda considerarse como una potencial fuente de escape.</p> <p>NOTA 3 Es conveniente que las fuentes de escape de grado continuo y primario no estén preferentemente localizadas en emplazamientos con un grado de ventilación bajo. O bien las fuentes de escape deberían localizarse de nuevo o la ventilación mejorada o el grado de la fuente de escape reducido.</p> <p>NOTA 4 Conviene que la suma de las fuentes de escape con una actividad regular (es decir, muy previsible) se base en el análisis detallado de los procedimientos operativos. Por ejemplo, N fuentes de escape con un modo común de escape deberían considerarse normalmente como una fuente de escape única con N puntos diferentes de escape</p>							
<p>^a Zona 0 ED, 1 ED o 2 ED indica una zona teórica de extensión despreciable en condiciones normales.</p> <p>^b La zona 2 creada por un escape de grado secundario puede ser excedida por las zonas correspondientes a los escapes de grado continuo o primario; en este caso debería tomarse la extensión mayor.</p> <p>^c Será zona 0 si la ventilación es tan débil y el escape es tal que prácticamente la atmósfera de gas explosiva esté presente de manera permanente (es decir, es una situación próxima a la de ausencia de ventilación).</p>							

Fuente: IEC. (2010)