Fecha de elaboración: 03/05/2021			
Tipo de documento	TID:	Obra creación:	Proyecto investigación: X
Título: Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia			
Autor(es): Luis E. Cabrera Pinto Cód. 11206272			
Tutor(es): Gregorio E. Puello Socarrás (Director)			
Fecha de finalización: 03/05/2021			
Temática: Seguridad de procesos			
Tipo de investigación: Para su elaboración, se aplicó el tipo de estudio documental de tipo transversal			

Resumen

El presente trabajo denominado "Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia", incluye una guía metodológica diseñada a partir de los factores que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones que producen petróleo en Colombia. Para su elaboración, se aplicó el tipo de estudio documental, requiriendo una revisión bibliográfica, mediante un enfoque cualitativo; así mismo, fue necesario llevar a cabo la caracterización de las organizaciones propias del sector dedicado a la producción de petróleo en Colombia, y complementariamente, la sistematización de los hallazgos y adaptación de los requisitos aplicables a dichas organizaciones. La guía como producto final del trabajo investigativo, se constituye en una herramienta metodológica práctica y muy útil para la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en el sector objeto de estudio.

Abstract

This thesis with name "Risk-based process safety for oil production in Colombia" included a methodological guideline wich one was designed from the organizational factors that affect the risk-based process safety management system implementation in the oil producer organizations located in Colombia. It was neccesary to apply a documentary study that required a bibliographical review through cualitative approach; likewise, it was needed to perform a characterization, systematization of findings and adaptation of requirements for this organizations. The guideline as a final product of the research work is a practical and very useful tool-book to the risk-based process safety management system implementation in the colombian oil industry.

Palabras clave

Sistema de gestión; seguridad de procesos; basada en riesgos; producción petrolera.

Keywords

Management system; process safety; risk-based; oil production.

Planteamiento del problema de investigación

Según Hendershot (2012) «la gestión de los riesgos de proceso tiene sus orígenes en la década de los años 70´s con el nacimiento del concepto de "Seguridad inherente".

De acuerdo con la U. S. Occupational Safety and Health Administration (2000) «los eventos catastróficos relacionados con la liberación accidental de sustancias químicas altamente peligrosas continuaron en ascenso, las autoridades de los Estados Unidos de América comenzaron a considerar el desarrollo de legislación para

reglamentar la operación de las plantas de procesos industriales, y de esta forma generar conciencia para eliminar o en última estancia minimizar la ocurrencia de esta clase de eventos» (p. 1-2).

En lo que concierne a Colombia, desde hace algunos años el gobierno en cabeza del Ministerio de Trabajo (2017) junto con representantes de diversos sectores de la economía nacional, han venido promoviendo un «proyecto de modificación de decreto con el fin de incorporar un "Programa de Prevención de Accidentes Mayores" en el Decreto 1072 de 2015» (1).

Finalmente, las pocas iniciativas desde la academia latinoamericana, un aspecto que el mismo autor ha evidenciado desde su experiencia profesional, conllevan a pensar que de no tomarse algún tipo de acción que facilite el acceso al público en general a este tipo de información y conocimiento, constituye un ambiente propicio para facilitar la ocurrencia de accidentes mayores no solo en el sector de la economía nacional objeto del trabajo, sino en otros sectores.

Pregunta: ¿Cuáles factores estratégicos influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia?

Objetivo general

Diseñar una guía metodológica conforme a los factores estratégicos que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, a partir del modelo propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS).

Objetivos específicos

Sistematizar los hallazgos de la revisión bibliográfica de la relación entre los factores estratégicos organizacionales y los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos aplicables a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, conforme al modelo propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos.

Validar los factores estratégicos organizacionales que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, a través de la revisión bibliográfica.

Caracterizar el proceso productivo de las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia.

Adaptar al contexto colombiano los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos aplicables a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo, a partir del modelo propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS).

Marco teórico

Accidentes mayores, vulnerabilidad y prevención

Accidentes mayores. Este ha sido un aspecto que ha inquietado a la población mundial desde sus inicios, es así como la Organización Internacional del Trabajo en "Control de riesgos de accidentes mayores - manual práctico", manifiesta que

> los incendios, las explosiones y la liberación de gases tóxicos pueden causar la muerte o lesiones a trabajadores y otros ciudadanos, provocar la evacuación de

comunidades enteras y afectar desfavorablemente al medio ambiente en general. (Organización Internacional del Trabajo, 1990, p. v).

Factores y causas de la vulnerabilidad a amenazas de proceso en las organizaciones. Los factores que contribuyen a incrementar la vulnerabilidad frente a las amenazas que se presentan en los procesos de las organizaciones son

normalizar los riesgos y peligros latentes dentro de la industria. Descuidar la integridad técnica de plantas, carencia de información por parte de las juntas directivas o los directores respecto a la prevención de accidentes mayores, desestimar la importancia de estar preparados para afrontar un accidente mayor (Molina, S.F., 4, 7).

Prevención de accidentes mayores. En lo que respecta a la prevención de los accidentes mayores en el sector petrolero, los sistemas de gestión de seguridad de procesos juegan un papel muy importante.

Estadísticas mundiales de accidentes mayores en el sector hidrocarburos. De acuerdo con los estudios publicados por la revista Marsh JLT Specialty (2020) denominada "100 largest losses in the hydrocarbon industry" para el periodo 1974-2019, como se evidencia en la Gráfica 4 de los 100 eventos que han generado las mayores pérdidas, el 56% están relacionados con el sector petroquímico, de producción y procesamiento de petróleo y gas. Estos mismos eventos generan pérdidas totales por valor de US$M 27.064, correspondiendo al 62,7% de las pérdidas totales, (p. 31), ver Gráfica 4 y Gráfica 5.

Colombia y los retos que enfrenta en materia de la prevención de accidentes mayores

Los retos que Colombia enfrenta para la implementación del programa de prevención de accidentes mayores (PPAM). Según el experto Molina (2019), «la prevención de accidentes mayores en Colombia conlleva un desafío. No solo por el limitado acceso a la información, los pocos recursos disponibles para enfrentar un accidente de esta naturaleza, sino porque se subestiman las grandes repercusiones que tienen estos eventos sobre la economía» (1).

Colombia da un primer paso hacia la prevención de accidentes mayores. El mismo Molina (2019) manifiesta que «Colombia se comprometió a desarrollar legislación y como resultado de esto, surgió el proyecto de decreto para el Programas de Prevención de Accidentes Mayores (PPAM), el cual hasta la fecha no ha sido aún ratificado» (4-5).

Panorama de la amenaza tecnológica en Colombia. Según el Documento 3868 del Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES, donde se establece la política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas. (Página 37 a la 47).

Hipótesis

"Los factores estratégicos de las organizaciones influyen en la implementación efectiva de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones productoras de petróleo en Colombia".

Tipo de estudio

El estudio es de tipo transversal debido a que se realiza en un momento en el tiempo y los instrumentos se aplican igualmente en un momento específico. Complementariamente, el trabajo de investigación es de tipo documental.

Universo, población y muestra de la investigación

A partir de tales premisas, el autor del trabajo de investigación apoya su estudio con los siguientes tipos de muestras no probabilística:

- Por oportunidad, y
- De expertos.

Paradigma de la investigación

El estudio se ubica dentro del paradigma de tipo hermenéutico, el cual considera que un fenómeno o hecho social se puede estudiar a partir de la información cualitativa y de esta manera producir conocimiento de tipo científico.

Enfoque de la investigación

…correspondiendo a un enfoque cualitativo…

Para entender el fenómeno relacionado con el trabajo, se usa como marco conceptual el método propuesto por el Center for Chemical Process Safety sobre la seguridad de procesos basada en riesgos.

Diseño de la investigación

Las fases de ejecución que lo conforman se relacionan a continuación.

Fase I, búsqueda y revisión bibliográfica

Fase II, diseño, validación y aplicación de instrumentos

Fase III, sistematización de hallazgos y análisis de los resultados obtenidos

Fase IV, determinación de los factores organizacionales de compañías del sector petrolero y caracterización del proceso de producción

Fase V, adaptación de los requisitos del RBPS al contexto colombiano

Técnicas de recolección de la información

Las técnicas de recolección de la información que se aplican en el presente estudio de investigación son:

- Búsqueda y revisión bibliográfica,
- Aplicación de cuestionario a profesionales, y
- Entrevista por oportunidad a profesionales expertos del sector en cuestión.

Instrumentos de recolección de la información

los instrumentos que se usan para la recopilación de la información desde las fuentes primarias y secundarias son:

- Formulario de resumen analítico especializado (RAE),
- Formato de cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión de la seguridad de procesos en el sector petrolero, y
- Formato de caracterización de organizaciones del sector petrolero en Latinoamérica. (Páginas 72 a la 83)

Resultados, hallazgos u obra realizada:

Resultados obtenidos

Resultados obtenidos del formato de resumen analítico especializado (RAE)

El formato de resumen analítico especializado (RAE), considerando de algunos criterios establecidos a partir del objetivo principal del trabajo.

La búsqueda de información se realizó haciendo uso de algoritmos, palabras claves, buscadores “booleanos”, en idioma español e inglés, referencias bibliográficas de documentos usados, entre otros.

Resultados obtenidos en el cuestionario

El modelo de cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión de seguridad de procesos en la industria de los hidrocarburos, diseñado y realizado por oportunidad a un grupo de profesionales de varias áreas del conocimiento que laboran en el sector petrolero,

Resultados obtenidos en la entrevista

El formato de entrevista para caracterizar a las organizaciones petroleras con operaciones en Latinoamérica, La entrevista fue realizada a profesionales de laboran en el sector petrolero de dos países específicamente, Perú y Colombia, motivado principalmente por la disponibilidad que estos manifestaron.

Sistematización de hallazgos y análisis de resultados

Sistematización de hallazgos y análisis de resultados obtenidos del formato de resumen analítico especializado (RAE)

De conformidad con la búsqueda de información realizada y procesada a través del formato RAE se evidenció que la disposición de información sobre la temática en cuestión en las plataformas de acceso gratuito es bastante escasa.

Sistematización de hallazgos y análisis de resultados del cuestionario

El cuestionario fue corrido durante los meses de febrero y marzo del año 2021, y aunque no se consideraba incorporarlo dentro del presente trabajo de investigación, se observó que contemplar las opiniones y expectativas de los profesionales participantes de la misma, se puede constituir en un "input" adicional.

Sistematización de hallazgos y análisis de resultados de la entrevista

A partir de los resultados obtenidos durante la realización de la entrevista, se relaciona el análisis correspondiente, con el objeto de obtener criterios relevantes para llevar cabo la caracterización de las organizaciones del sector petrolero. (Página 89 a la 155)

Conclusiones:

Las conclusiones permiten garantizar si se alcanzaron efectivamente los objetivos propuestos en el trabajo de investigación. Estas se generan a partir de los resultados y su análisis, así como, desde la experiencia misma adquirida por parte del investigador del ejercicio académico.

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con los resultados del formato de resumen analítico especializado (RAE)

El estudio permitió evidenciar que la gran mayoría de los factores estratégicos organizacionales contemplados dentro del estudio, efectivamente influyen dentro de la implementación de los sistemas de gestión de seguridad de procesos, lo cual ratifica la hipótesis planteada para el desarrollo del presente trabajo.

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con los resultados del cuestionario

El cuestionario realizado a los profesionales participantes permitió evidenciar que la implantación de un sistema de gestión para el control de los riesgos de procesos es altamente relevante especialmente en Operaciones de refinación y petroquímica, en Operaciones de construcción de facilidades de producción, en Operaciones de perforación y completamiento, así como, en Operaciones de intervención y servicios a pozo, en Operaciones de producción y mantenimiento, y en Operaciones de transferencia bajo custodia. También se sugirió su implantación en Operaciones de producción y manejo de gas, así como, Operaciones costa afuera.

Conclusiones y recomendaciones relacionados con los resultados de la entrevista

Los factores estratégicos que fueron ratificados y validados por el grupo de expertos y que por tanto, se deberían considerar para caracterizar una organización del sector petrolero en Colombia, con miras a implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, son:

- Dominio u origen de la compañía.
- Participación de la compañía.

- Producción de petróleo. - Tamaño de la organización. - Madurez de la organización. - Estado de implementación de los requisitos del RBPS – CCPS. - Accidentalidad. - Filosofía operacional. (Páginas 157 a la 164)
Productos derivados: Guía metodológica para implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos para organizaciones dedicadas a producir petróleo en Colombia.

Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia

Luis E. Cabrera Pinto
Cód. 11206272

Corporación Universitaria UNITEC
Escuela de Ciencias Económicas y Administrativas
Especialización en Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Bogotá, Distrito Capital
03 de mayo de 2021

Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia

Luis E. Cabrera Pinto
Cód. 11206272

Gregorio E. Puello Socarrás
Director

Corporación Universitaria UNITEC
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Especialización en Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Bogotá, Distrito Capital
03 de mayo de 2021

Dedico este trabajo a Jesucristo, quien se entregó a sí mismo por mí.

A Marcela, mi fiel esposa, amiga, compañera y confidente de vida.

A Andrés, Valery y Nicolás, quienes son mi constante motivación.

Agradecimientos

Mis sinceros agradecimientos a mi tutor por sus asesorías, colaboración y dedicación con este trabajo, sin las cuales no hubiese llevado esta investigación a su feliz término. Al equipo de expertos y colegas, quienes con sus conocimientos y experiencias enriquecieron este trabajo. A mis "partners" y compañeros de curso quienes me apoyaron de forma personal y humana.

A todo el equipo de docentes de la Especialización de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo de la Corporación Universitaria UNITEC por contribuir con su enseñanzas a mi formación. De igual manera, a los jurados de este trabajo de grado por su contribución al mismo con su visión objetiva.

Agradezco a mi familia, mi esposa y mis hijos, a quienes les quité de su tiempo para dedicarlo a este trabajo y me apoyaron en todo momento. A mis padres, quienes me hicieron la persona que soy. A mis hermanos con quienes compartí mis años maravillosos.

Finalmente, agradezco a mis amigos de quienes he aprendido en todo momento, y a todos los participantes de este trabajo, quienes me compartieron información pertinente e importante para desarrollarlo.

Tabla de contenido

Introducción **16**

Justificación **18**

Planteamiento del problema de investigación **23**

Pregunta de investigación **28**

Objetivos **29**

Objetivo general **29**

Objetivos específicos **29**

Marco referencial **30**

Antecedentes **30**

Marco teórico **37**

Accidentes mayores, vulnerabilidad y prevención ***37***

Accidentes mayores **37**

Factores y causas de la vulnerabilidad a amenazas de proceso en las organizaciones **38**

Prevención de accidentes mayores **39**

Estadísticas mundiales de accidentes mayores en el sector hidrocarburos **39**

Colombia y los retos que enfrenta en materia de la prevención de accidentes mayores ***40***

Los retos que Colombia enfrenta para la implementación del programa de prevención de accidentes mayores (PPAM) **40**

Colombia da un primer paso hacia la prevención de accidentes mayores **41**

Panorama de la amenaza tecnológica en Colombia **41**

Panorama de la amenaza tecnológica en Bogotá **43**

Marco conceptual **47**
Acrónimos y abreviaturas *47*
Términos y conceptos *48*
Marco reglamentario y marco normativo **49**
Reglamentaciones internacionales *49*
Administración de la seguridad y salud ocupacional (US OSHA) **49**
Agencia para la protección ambiental (US EPA) **51**
Organización internacional del trabajo (OIT) **52**
Directiva seveso III **53**
Regulaciones para el control de los peligros de accidentes mayores (COMAH) **55**
Reglamentación existente en latinoamérica *56*
Argentina **56**
Chile **56**
México **57**
Perú **58**
Reglamentación existente en Colombia *59*
Normas de buenas prácticas de la industria **60**
Centro para la seguridad de procesos químicos (CCPS) **60**
Instituto de energía (EI) **64**
Instituto americano del petróleo (API) **65**
Asociación internacional de productores de petróleo y gas (IOGP) **67**
Normas de la organización internacional de normalización (ISO) **68**
Contexto de la organización *70*
Partes interesadas del sistema de gestión *71*
Alcance del sistema de gestión *71*
Metodología **72**
Hipótesis **72**
Tipo de estudio **72**
Universo, población y muestra de la investigación **73**
Muestra no probabilística por oportunidad *74*

Muestra no probabilística de expertos *74*
Paradigma de la investigación **75**
Enfoque de la investigación **75**
Diseño de la investigación **76**
Fase I, búsqueda y revisión bibliográfica *77*
Fuentes de información primaria **78**
Fuentes de información secundaria **78**
Fase II, diseño, validación y aplicación de instrumentos *78*
Formato de resumen analítico especializado (RAE) **78**
Cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión de seguridad de procesos en la industria de los hidrocarburos **79**
Entrevista sobre caracterización de organizaciones del sector petrolero en latinoamérica **79**
Fase III, sistematización de hallazgos y análisis de los resultados obtenidos *79*
Fase IV, determinación de los factores organizacionales de compañías del sector petrolero y caracterización del proceso de producción *80*
Fase V, adaptación de los requisitos del RBPS al contexto colombiano *81*
Técnicas de recolección de la información **82**
Instrumentos de recolección de la información **82**
Cronograma, recursos y presupuesto **84**
Cronograma **84**
Recursos y presupuesto **88**
Resultados obtenidos, sistematización y análisis **89**
Resultados obtenidos **89**
Resultados obtenidos del formato de resumen analítico especializado (RAE) *90*
Sección 1, información general del documento **92**
Sección 2, contenido **92**
Sección 3, metodologías de gestión de riesgos de proceso de organismos internacionales **93**

Sección 4, articulación de los factores estratégicos y la implementación de los requisitos del RBPS **95**
Sección 5, aspectos finales **97**
Resultados obtenidos en el cuestionario ***97***
Sección 1, información general de los participantes **98**
Sección 2, gestión de los riesgos de procesos industriales (PSM) **102**
Resultados obtenidos en la entrevista ***108***
Sección 1, información del trabajo de investigación **108**
Sección 2, desarrollo de la entrevista **108**
Sección 3, factores estratégicos organizacionales propuestos **112**
Sistematización de hallazgos y análisis de resultados **118**
Sistematización de hallazgos y análisis de resultados obtenidos del formato de resumen analítico especializado (RAE) ***119***
Sección 1, información general del documento **121**
Sección 2, contenido **121**
Sección 3, metodologías de gestión de riesgos de proceso de organismos internacionales **122**
Sección 4, articulación de los factores estratégicos y la implementación de los requisitos del RBPS **124**
Sección 5, aspectos finales **126**
Sistematización de hallazgos y análisis de resultados del cuestionario ***127***
Sección 1, información general de los participantes **127**
Sección 2, gestión de los riesgos de procesos industriales (PSM) **134**
Sistematización de hallazgos y análisis de resultados de la entrevista ***142***
Sección 1, información del trabajo de investigación **142**
Sección 2, desarrollo de la entrevista **142**
Sección 3, factores estratégicos organizacionales propuestos **147**
Dominio u origen de la compañía ***150***
Participación de la compañía ***150***
Estructura organizacional de la compañía ***150***

Producción de petróleo *150*

Clase de petróleo *150*

Tamaño de la organización *151*

Madurez de la organización *151*

Estado de implementación de los requisitos del RBPS - CCPS *151*

Accidentalidad *151*

Filosofía operacional *152*

Caracterización del proceso de producción de petróleo **152**

Ciclo P-H-V-A para la gestión de seguridad de procesos *152*

Caracterización del proceso de producción de petróleo *155*

Adaptación de los requisitos del RBPS al contexto colombiano **155**

Conclusiones y recomendaciones **157**

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con los resultados obtenidos del formato de resumen analítico especializado (RAE) **157**

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con los resultados del cuestionario **159**

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con los resultados de la entrevista **159**

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con el cumplimiento de los objetivos del estudio **163**

Listado de referencias **165**

Tabla de figuras

Gráfica 1. *Escenarios posibles ocasionados por pérdida de contención de materiales peligrosos* *18*

Gráfica 2. *Complementación de la gestión de seguridad y salud en el trabajo y la gestión de la seguridad de procesos industriales* *21*

Tabla 1. *Aspectos complementarios de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo y la gestión de seguridad de procesos industriales* *22*

Gráfica 3. *Unidad de análisis y dimensión espacial del trabajo de investigación* *27*

Gráfica 4. *Distribución de los eventos de proceso por cada 100 en la industria de los hidrocarburos* *39*

Gráfica 5. *Distribución de las pérdidas económicas por cada 100 en la industria de los hidrocarburos* *40*

Gráfica 6. *Accidentes con hidrocarburos de proyectos con licenciamiento ambiental* *43*

Gráfica 7. *Porcentaje eventos por escenarios de origen tecnológico ocurridos en Colombia en el 2018* *44*

Gráfica 8. *Industrias por localidad de la ciudad de Bogotá vs diagnósticos y conceptos emitidos* *45*

Gráfica 9. *Porcentajes de causas relacionadas a eventos tecnológicos ocurridos entre 2001 y 2019* *46*

Gráfica 10. *Eventos discriminados por su origen reportados por cada localidad entre el 2001 y el 2020* *46*

Tabla 2. *Acrónimos y abreviaturas usadas en el marco de los sistemas de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos* *47*

Gráfica 11. *Sistema de gestión de seguridad de procesos conforme a la reglamentación OSHA 1910.119* *50*

Tabla 3. *Programas de gestión del riesgo de la agencia para la protección del ambiente* *51*

Gráfica 12. *Sistema de gestión de seguridad de procesos conforme a norma oficial mexicana NOM-028-STPS-2012* *57*

Gráfica 13. *Sistema de gestión de seguridad de procesos conforme a resolución 203-2020-OS/CD* *58*

Gráfica 14. *Evolución de la seguridad de procesos y estrategias para la prevención de accidentes / pérdidas* *61*

Gráfica 15. *Pilares fundamentales y requisitos asociados que constituyen un robusto sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos* *63*

Gráfica 16. *Requisitos del sistema de gestión propuesto por el instituto de energía* *65*

Gráfica 17. *Principios del sistema de gestión del riesgo del instituto americano del petróleo* *66*

Gráfica 18. *Requisitos que conforman el sistema de gestión del riesgo del instituto americano del petróleo* *66*

Gráfica 19. *Requisitos del sistema de gestión del riesgo propuesto por la organización de gas y petróleo* *67*

Tabla 4. *Normas organización internacional de normalización que permiten la gestión de los riesgos de naturaleza diversa en la organización* *69*

Gráfica 20. *Cuestiones externas e internas de la organización* *70*

Gráfica 21. *Clases de muestras normalmente usadas en los estudios con enfoque cualitativo* *73*

Gráfica 22. *Diseño metodológico del trabajo de investigación* *76*

Tabla 5. *Cronograma de actividades* *84*

Tabla 6. *Recurso humano* *88*

Tabla 7. *Recursos de infraestructura y tecnológicos* *88*

Tabla 8. *Recursos económicos* *88*

Tabla 9. *Documentos obtenidos en plataformas infográficas* *91*

Tabla 10. *Fuentes de información documental* *92*

Tabla 11. *Idioma original del documento* *92*

Tabla 12. *Documentos bibliográficos relacionados con los macro-temas objeto del estudio* *93*

Tabla 13. *Documentos bibliográficos relacionados con las metodologías de seguridad de procesos* *94*

Tabla 14. *Documentos bibliográficos relacionados con la etapa de aplicación de las metodologías de seguridad de procesos* *94*

Tabla 15. *Documentos bibliográficos relacionados con la actividad u operación* *95*

Tabla 16. *Documentos bibliográficos relacionados con los factores estratégicos organizacionales* *95*

Tabla 17. *Documentos bibliográficos relacionados con los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basado en riesgos* *96*

Tabla 18. *Profesión base vs número de profesionales* *98*

Tabla 19. *Estudios de post-grado de los profesionales participantes* *98*

Tabla 20. *Especialidad de post-grado vs número de profesionales* *99*

Tabla 21. *Personal que ha laborado en el sector petrolero* *99*

Tabla 22. *Experiencia de los participantes en términos de los tipos de hidrocarburos producidos* *99*

Tabla 23. *Experiencia en términos del tipo de compañía u organización* *100*

Tabla 24. *Experiencia en términos de la actividad específica que ha desempeñado el profesional* *100*

Tabla 25. *Experiencia en términos de los procesos organizacionales en los que han laborado los profesionales* *101*

Tabla 26. *Profesionales participantes que tienen conocimiento de algún sistema de gestión de seguridad de procesos* *102*

Tabla 27. *Conocimiento de algunas de las metodologías de seguridad de procesos* *103*

Tabla 28. *Importancia para implementación de metodologías de seguridad de procesos por actividad del sector petrolero* *103*
Tabla 29. *Metodología para la gestión de los riesgos de procesos industriales por actividad del sector* *104*
Tabla 30. *Metodología propuesta por los participantes para implementar un sistema para gestionar los riesgos de procesos en el sector petrolero* *105*
Tabla 31. *Justificaciones que motivaron a recomendar las metodologías de seguridad de procesos* *105*
Tabla 32. *Nivel de implementación de las metodologías de seguridad de procesos propuestas* *106*
Tabla 33. *Requisitos más relevantes para la implementación de la metodología de seguridad de procesos propuesta* *106*
Tabla 34. *Requisitos de menor importancia para la implementación de la metodología de seguridad de procesos propuesta* *107*
Tabla 35. *Nacionalidad vs número de profesionales* *109*
Tabla 36. *Profesión base vs número de profesionales* *109*
Tabla 37. *Especialidad vs número de profesionales* *109*
Tabla 38. *Experiencia general y específica de los profesionales* *110*
Tabla 39. *Si o No a pregunta sobre aplicabilidad del RBPS* *110*
Tabla 40. *Respuesta a la pregunta ¿Por qué? de los profesionales participantes en la entrevista* *110*
Tabla 41. *Si o No a pregunta sobre la existencia de factores estratégicos que determinan la implantación del RBPS* *111*
Tabla 42. *Respuesta a la pregunta sobre los factores estratégicos que los profesionales participantes consideran* *112*
Tabla 43. *Validación de los factores estratégicos propuestos con los expertos participantes* *113*
Tabla 44. *Comentarios a factor estratégicos dominio u origen por parte de los profesionales* *114*

Tabla 45. *Comentarios a factor estratégico participación por parte de los profesionales* *114*
Tabla 46. *Comentarios a factor estratégico estructura organizacional por parte de los profesionales* *114*
Tabla 47. *Comentarios a factor estratégico producción de petróleo por parte de los profesionales* *115*
Tabla 48. *Comentarios a factor estratégico clase de petróleo por parte de los profesionales* *115*
Tabla 49. *Comentarios a factor estratégico tamaño de la organización por parte de los profesionales* *116*
Tabla 50. *Comentarios a factor estratégico madurez de la organización por parte de los profesionales* *116*
Tabla 51. *Comentarios a factor estratégico implementación RBPS por parte de los profesionales* *117*
Tabla 52. *Comentarios a factor estratégico accidentalidad por parte de los profesionales* *117*
Tabla 53. *Comentarios a factor estratégico filosofía operacional por parte de los profesionales* *117*
Tabla 54. *Comentarios adicionales sobre la entrevista por parte de los profesionales* *118*
Gráfica 23. *Plataformas infográficas a las que se tuvo acceso y consultó* *119*
Gráfica 24. *Fuentes de información documental* *120*
Gráfica 25. *Idioma original del documento* *120*
Gráfica 26. *Documentos bibliográficos relacionados con los macro-temas objeto del estudio* *121*
Gráfica 27. *Documentos bibliográficos relacionados con las metodologías de seguridad de procesos* *122*
Gráfica 28. *Documentos bibliográficos relacionados con la etapa de aplicación de las metodologías de seguridad de procesos* *123*
Gráfica 29. *Documentos bibliográficos relacionados con la actividad u operación* *123*

Tabla 55. *Documentos bibliográficos relacionados con los factores estratégicos organizacionales* *124*
Gráfica 30. *Documentos bibliográficos relacionados con los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos* *125*
Tabla 56. *Notas y comentarios más destacadas de las fuentes consultadas* *126*
Gráfica 31. *Profesión base vs número de profesionales* *128*
Gráfica 32. *Estudios de post-grado de los profesionales participantes* *128*
Gráfica 33. *Especialidad de post-grado vs número de profesionales* *129*
Gráfica 34. *Profesionales que han laborado en el sector petrolero* *130*
Tabla 57. *Experiencia de los participantes en términos de los tipos de hidrocarburos* *131*
Tabla 58. *Experiencia de los profesionales en términos del tipo de compañía u organización* *131*
Tabla 59. *Experiencia en términos de la actividad específica que ha desempeñado el profesional* *132*
Tabla 60. *Experiencia en términos de los procesos organizacionales en los que han laborado los profesionales* *133*
Gráfica 35. *Profesionales participantes que tienen conocimiento de algún sistema de gestión de seguridad de procesos* *134*
Tabla 61. *Nivel de conocimiento de los profesionales con respecto a algunas de las metodologías de seguridad de procesos* *135*
Tabla 62. *Nivel de importancia de implementar metodologías de seguridad de procesos por actividad del sector petrolero* *136*
Tabla 63. *Metodologías para la gestión de los riesgos de procesos industriales por actividad del sector petrolero* *137*
Gráfica 36. *Metodologías propuestas por los participantes para implementar un sistema para gestionar los riesgos de procesos en el sector petrolero* *138*
Gráfica 37. *Justificaciones que motivaron a recomendar las metodologías de seguridad de procesos* *138*

Gráfica 38. *Nivel de implementación de las metodologías de seguridad de procesos propuestas* *139*
Tabla 64. *Número de veces que los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos fueron propuestos por los participantes* *140*
Gráfica 39. *Requisitos para la implementación de la metodología de seguridad de procesos propuesta* *141*
Gráfica 40. *Nacionalidad vs número de profesionales* *143*
Gráfica 41. *Profesión base vs número de profesionales* *143*
Gráfica 42. *Especialidad vs número de profesionales* *144*
Gráfica 43. *Experiencia general y específica de los profesionales* *144*
Gráfica 44. *Si o No a pregunta sobre aplicabilidad del RBPS* *145*
Gráfica 45. *Si o No a pregunta sobre la existencia de factores estratégicos que determinan la implantación del RBPS* *146*
Tabla 65. *Validación de los factores estratégicos propuestos con los expertos participantes* *147*
Tabla 66. *Escala para validación de los factores estratégicos propuestos con los expertos participantes* *148*
Tabla 67. *Nivel de aceptabilidad de los factores estratégicos por parte de los expertos participantes* *149*
Tabla 68. *Nivel de aceptabilidad por parte de los profesionales de los factores estratégicos propuestos* *149*
Gráfica 46. *Ciclo P-H-V-A para la implementación del RBPS* *153*
Gráfica 47. *Caracterización del proceso de producción de petróleo* *154*

Tabla de anexos

Anexo A **175**

Anexo B **179**

Anexo C **181**

Anexo D **189**

Anexo E **193**

Anexo F **195**

Anexo G **198**

Anexo H **202**

Anexo I **205**

Anexo J **206**

Anexo K **215**

Anexo L **216**

Anexo M **217**

Anexo N **218**

Resumen

El presente trabajo denominado “Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia”, incluye una guía metodológica diseñada a partir de los factores que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones que producen petróleo en Colombia. Para su elaboración, se aplicó el tipo de estudio documental, requiriendo una revisión bibliográfica, mediante un enfoque cualitativo; así mismo, fue necesario llevar a cabo la caracterización de las organizaciones propias del sector dedicado a la producción de petróleo en Colombia, y complementariamente, la sistematización de los hallazgos y adaptación de los requisitos aplicables a dichas organizaciones. La guía como producto final del trabajo investigativo, se constituye en una herramienta metodológica práctica y muy útil para la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en el sector objeto de estudio.

Palabras clave

Sistema de gestión; seguridad de procesos; basada en riesgos; producción petrolera.

Abstract

This thesis with name “Risk-based process safety for oil production in Colombia” included a methodological guideline wich one was designed from the organizational factors that affect the risk-based process safety management system implementation in the oil producer organizations located in Colombia. . It was neccesary to apply a documentary study that required a bibliographical review through cualitative approach; likewise, it was needed to perform a characterization, systematization of findings and adaptation of requirements for this organizations. The guideline as a final product of the research work is a practical and very useful tool-book to the risk-based process safety management system implementation in the colombian oil industry.

Keywords

Management system; process safety; risk-based; oil production.

Introducción

Mediante el presente trabajo de investigación se pretende establecer la aplicabilidad de la seguridad de procesos basada en riesgos a la producción petrolera en Colombia, que bajo condiciones normales debería hacer parte de la gestión general de las organizaciones del sector en cuestión. El abordaje del trabajo se hace desde dos perspectivas concretas, una relacionada con la búsqueda de fuentes de información de tipo secundario, la cual se alimenta y procesa por medio de un formato de resumen analítico especializado que se diseña como instrumento, con el fin de obtener los suficientes argumentos e información pertinente que permita determinar los factores estratégicos que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, para lograr caracterizar las organizaciones petroleras; y otra mediante el diseño y aplicación de instrumentos para la obtención de información de tipo primario por oportunidad que permita comprender la percepción y experiencias vividas por parte de un grupo de expertos, consultados mediante técnicas de encuesta y entrevista, durante los procesos de implementación de los sistemas de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos.

Esta visión complementaria y conjunta pretende lograr que el procedimiento de implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos aplicable a la producción de petróleo en Colombia sea bastante práctico, pero a la vez muy completo, de tal manera que al plasmarse en una herramienta contribuya a facilitar el proceso de implantación del sistema de gestión de seguridad de procesos en el sector en cuestión , y en consecuencia, se convierta en un referente efectivo para lograr la mejora continua de la gestión organizacional y el fortalecimiento de la organización en la gestión preventiva de los accidentes mayores.

Con el desarrollo del trabajo se pretende realizar una investigación que permita

identificar los criterios, elementos y pautas básicas que orienten a los líderes y a la alta dirección en las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, en el cumplimiento de su responsabilidad en lo concerniente a los sistemas de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos de conformidad con las condiciones que las plantas procesadoras de hidrocarburos generan.

Finalizada la investigación, se diseña una guía metodológica que se constituya en una herramienta efectiva y práctica para apoyar la gestión de los riesgos de seguridad de proceso aplicable a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia; por otro lado, se estima que la presente investigación ofrezca pautas útiles para realizar otras investigaciones de naturaleza similar, orientadas a atender necesidades similares de otros sectores de la economía nacional como un aporte al fortalecimiento de su gestión y su productividad.

Justificación

Los accidentes mayores son eventos no deseados que pueden generar situaciones catastróficas, teniendo la posibilidad afectar a los trabajadores, al medio ambiente, al público en general y a los activos de las organizaciones donde se presentan. Esta clase de accidentes resultan de la pérdida de contención, o el escape accidental de sustancias químicas altamente peligrosas, que a su vez pueden generar la liberación energía con un potencial de daño muy alto. Es por esta razón, que la gestión de los riesgos de proceso se debería considerar como un aspecto prioritario en todo proceso industrial donde existe la probabilidad que estos eventos de proceso se presenten.

Las sustancias químicas altamente peligrosas, son todos aquellos materiales cuyas características físicas y químicas tienen el potencial de afectar a la salud e integridad de las personas, al medio ambiente, así como, a los activos de la organización, ya sea a través de uno o varios de los siguientes escenarios que se indican en la Gráfica 1.

Gráfica 1

Escenarios posibles ocasionados por pérdida de contención de materiales peligrosos

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 26

En las plantas procesadoras de petróleo, y debido a su carácter inflamable existe siempre esta posibilidad que bajo ciertas condiciones operativas, si no se garantizan las medidas de prevención y los controles necesarios, se puedan presentar eventos no deseados con consecuencias catastróficas. Es por esta razón que se hace necesario proteger la vida de las personas (trabajadores y comunidades circunvecinas), al entorno y el valor de las organizaciones, mediante la gestión de los riesgos del proceso, y como última medida, en caso de su ocurrencia mitigar sus consecuencias. «Los procesos industriales tales como el uso, almacenamiento, fabricación, manipulación, movimiento, traslado o una combinación de estas, incorporan sustancias químicas altamente peligrosas» (Mascaro, 2020, 4).

Aunque los países desarrollados cuentan con reglamentación de aplicación obligatoria para la gestión de los riesgos de proceso, y complementariamente, se dispone de normas sobre buenas prácticas de la industria, aún en nuestro país no existe reglamentación sobre esta temática, ni tampoco está disponible una norma consensuada por organizaciones de estandarización internacional cuyo enfoque sea la gestión de los riesgos de proceso.

Es debido a este contexto, especialmente nacional, que se ve la necesidad de desarrollar un trabajo de investigación que aporte las herramientas necesarias para diseñar una guía metodológica para la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos aplicable a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia; el autor del trabajo considera que su pertinencia e importancia se enmarca en los siguientes aspectos:

- Fortalece la cultura organizacional. La cultura organizacional está enmarcada en las filosofías, principios, prácticas, hábitos, comportamientos y costumbres, las cuáles al incorporarse en los líderes y trabajadores, aportan a la protección de la vida, de los recursos y de los activos. Si no se trabaja para garantizar procesos seguros en las plantas industriales, no solo se pone en riesgo la integridad de la vida, sino también la sostenibilidad del negocio,
- Fomenta la aplicación de prácticas preventivas. Las prácticas preventivas son el conjunto las acciones que se adelantan al interior de la organización, con el fin de identificar los peligros, evaluar, analizar y controlar los riesgos de proceso con el fin de reducir la

incertidumbre, y en consecuencia, la probabilidad de ocurrencia de accidentes de proceso y sus consecuencias catastróficas,

- Permite planificar de forma eficiente el uso de los recursos. La gestión basada en riesgos pretende priorizar el uso de los recursos disponibles para controlar los riesgos, a través de la jerarquización de los mismos. Así mismo, a partir de la aceptabilidad de los riesgos presentes por parte de la organización en estudio, y mediante un análisis del costo de inversión vs la reducción del riesgo, se puede determinar de forma óptimo la intervención de los riesgos relevantes,
- Facilita la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en las plantas de procesamiento de hidrocarburos. Las reglamentaciones y las normas de buenas prácticas existentes en materia de gestión de riesgos de proceso se enfocan en indicar los requisitos que deben cumplir los sistemas para gestionar dichos riesgos, es decir, estipulan el ¿Qué?, sin embargo, el ¿Cómo? queda a cargo del implementador, por esta razón, la guía contempla el diseño de algunos instrumentos a partir de la caracterización de las organizaciones objeto de estudio, y
- Finalmente, la guía se constituye en una herramienta útil para la integración del sistema de gestión de seguridad de procesos, con otros sistemas de gestión que ya tenga implementado la organización. En la actualidad es muy frecuente que las organizaciones cuenten con sistemas para gestionar diversos requerimientos, tales como: el sistema de gestión de calidad, el sistema de gestión ambiental, el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, el sistema de gestión de la información, el sistema de gestión energética, el sistema de gestión de la responsabilidad social corporativa, el sistema de gestión para la resiliencia y continuidad del negocio, etc; aunque la organización es una sola, si los sistemas no se gestionan bajo esta premisa, existen una alta probabilidad que se generen reprocesos, y en consecuencia, se hagan un uso ineficiente de los recursos requeridos.

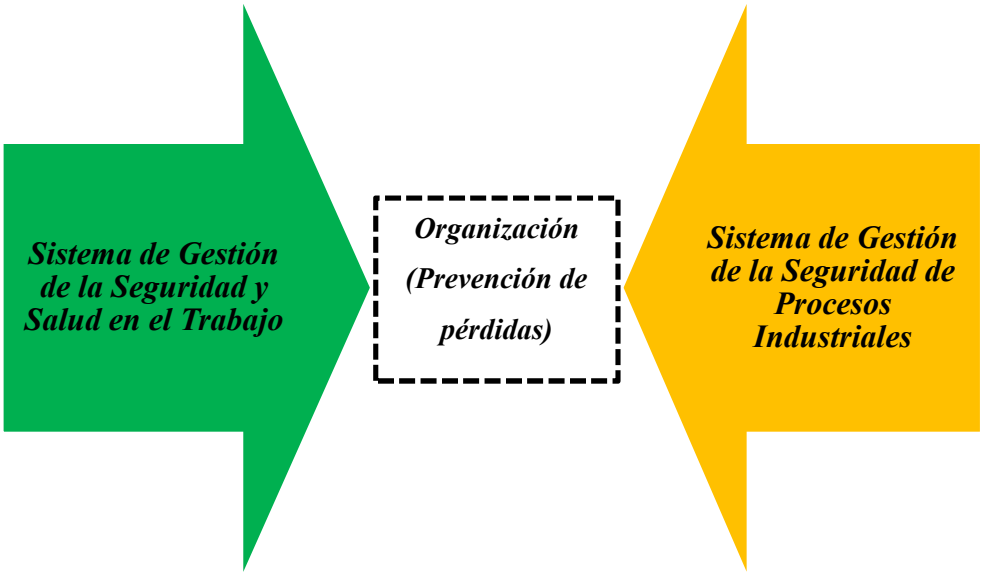
Por otro lado, a raíz de la importancia de la temática es pertinente referir que el gobierno de Colombia en cabeza del Ministerio del Trabajo (2019) junto con representantes de diversos sectores de la economía nacional, han venido promoviendo un «proyecto de modificación de decreto con el fin de incorporar un “Programa de Prevención de Accidentes Mayores” al Decreto

1072 del 2015» (1).

A pesar que expertos en la materia coinciden sobre «las diferencias existentes entre la gestión de los riesgos de seguridad y salud en el trabajo, y la gestión de los riesgos de la seguridad de proceso» (Mascaro, 2020, 12-13), el autor del trabajo de investigación, quien por medio de este busca obtener el título de Especialista en Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, considera que es la gestión conjunta de los riesgos de ambas naturaleza la que beneficia a la organización, debido a que ambos sistemas contribuirán al logro de los objetivos y metas organizacionales, así como a desarrollar ambientes de trabajo más saludables, a la prevención de pérdidas, y a la sostenibilidad del negocio. En la Gráfica 2 y la Tabla 1 se resaltan algunos de los aspectos complementarios de ambos sistemas de gestión para la prevención de pérdidas en la organización.

Gráfica 2

Complementación de la gestión de seguridad y salud en el trabajo y la gestión de la seguridad de procesos industriales



Fuente: Autor

Tabla 1

Aspectos complementarios de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo y la gestión de seguridad de procesos industriales

Criterio	***Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo***	***Gestión de la Seguridad de Procesos***
Objetivo	*Prevención de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Laborales*	*Prevención de Accidentes del Procesos Industriales*
Gestión enfocada en	*Peligros y Riesgos de SST*	*Peligros y Riesgos de Proceso*
Daños a prevenir	*Sobre los Trabajadores*	*Sobre los Trabajadores, Comunidad, Ambiente y Activos*
Severidad	*Baja, Media y Alta*	*Muy Alta*
Probabilidad	*Baja, Media y Alta*	*Muy Baja*

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Mascaro, 2020, 12-13

Para finalizar, de acuerdo a lo mencionado por Hernández et al. (1991) esta «investigación es viable, puesto que se dispone del tiempo, los conocimientos y los recursos necesarios para su desarrollo» (p. 68).

Planteamiento del problema de investigación

Según Hendershot (2012) «la gestión de los riesgos de proceso tiene sus orígenes en la década de los años 70´s con el nacimiento del concepto de "Seguridad inherente" en los procesos químicos, así como, la creación de la metodología cualitativa para analizar los peligros de proceso denominada "Peligros y Operatividad", por su abreviatura HAZOP en inglés, por parte de Trevor Kletz, ingeniero químico de origen Británico, quien es conocido como el "Padre de la seguridad de procesos" debido a sus aportes en esta área del conocimiento» (p. 1).

De acuerdo con el Center for Chemical Process Safety (2016) «es hasta la década de los años 80´s donde se presentan avances significativos debido a la realización del primer modelo para gestionar la seguridad de procesos, iniciativa por parte del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos, por sus siglas en inglés, organismo conformado por ingenieros químicos del Instituto Americano de Ingenieros Químicos, por sus siglas de inglés AIChE. Posteriormente, y como respuesta a los accidentes catastróficos ocurridos en Bhopal (India) en el año de 1984, Pasadena (Texas) en octubre de 1989 en la Compañía Phillips Petroleum, Cincinnati (Ohio) en julio de 1990 en la planta de BASF y Sterlington (Los Ángeles) en mayo de 1991 en la planta de IMC» (p. 43-51).

El Center for Chemical Process Safety (2007) «propuso una versión mejorada en el año de 1992, la cual fue considerada oficialmente como la versión inicial de la norma de buenas prácticas de la industria relacionada con el Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos, por sus siglas en inglés RBPS. Es evidente que el Center for Chemical Proccess Safety desde su fundación en el año de 1985, ha promovido el mejoramiento de la gestión de la seguridad de procesos químicos» (p. 47).

Por otro lado, la U. S. Occupational Safety and Health Administration (2000) debido a que «los eventos catastróficos relacionados con la liberación accidental de sustancias químicas altamente peligrosas continuaron en ascenso, las autoridades de los Estados Unidos de América comenzaron a considerar el desarrollo de legislación para reglamentar la operación de las plantas de procesos industriales, y de esta forma generar conciencia con el fin de eliminar o en última estancia minimizar la ocurrencia de esta clase de eventos. En julio de 1990, la Administración para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos de América, por sus siglas en inglés U. S. OSHA, publicó su primer propuesta para la reglamentación de la gestión de los riesgos de proceso, denominada Gestión de los Riesgos de Procesos Químicos Altamente Peligrosos, por sus siglas en inglés PSM - HHC, la cual contenía requerimientos para la gestión de los peligros asociados con los procesos que involucran sustancias químicas altamente peligrosas, y entre otras cosas estableció un programa de gestión que integró la tecnología, los procedimientos y las prácticas administrativas. Después de varias revisiones y ajustes por parte de organizaciones de profesionales inquietados por la ocurrencia de los accidentes mayores, así como, representantes de los gobiernos estatales, se publicó la edición final del documento el 24 de febrero de 1992 bajo el código "29 CFR OSHA 1910.119", y fue denominada "Gestión de la Seguridad de Procesos", por sus siglas en inglés PSM, la cual contempló un enfoque a la protección de los trabajadores que laboran en las plantas industriales, e incluyó el apéndice A con la lista de las sustancias químicas altamente peligrosas y su umbral límite permisible» (p. 1, 2).

Según U. S. Occupational Safety and Health Administration (2000), «aproximadamente cuatro meses después a este importante suceso la enmienda de aire limpio, CAAA por sus siglas en inglés, solicitó a la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos de América por sus siglas en inglés U. S. EPA, desarrollar la relación de sustancias químicas altamente peligrosas, así como, un Programa para la Gestión del Riesgo, por sus siglas en inglés RMP, con un énfasis mayor hacia la protección del ambiente y la población aledaña a las plantas industriales. Desde la promulgación de esta reglamentación en los Estados Unidos de América, su aplicación ha sido de carácter obligatorio para las plantas industriales que hagan uso de las sustancias químicas altamente peligrosas» (p. 2). La información concerniente a los materiales altamente peligros y su umbral límite se incluyen en el Anexo A de este trabajo de investigación.

Avances similares se experimentaron a través de los países Europeos con las Directivas seveso, así mismo, el Energy Institute (2010) de Inglaterra «publicó la versión vigente de la norma de buenas prácticas de la industria que contempla un marco de referencia de alto nivel para la gestión de la seguridad de procesos, debido a que este aspecto se constituye en el mayor problema para la industria de la energía y por lo cual muchas organizaciones están buscando adoptar un enfoque más holístico y sistemático para garantizar la integridad de sus operaciones (p. ii).

En lo que concierne a los países latinoamericanos aún es mucho el camino que hay por recorrer, puesto que en esta región varios de los gobiernos no han tomado la iniciativa de requerir mediante alguna reglamentación la aplicación de normas con este propósito. Prueba de esta necesidad sentida en la región latinoamericana, es el evento ocurrido el 25 de agosto de 2012 «donde una explosión en la Refinería de Amuay (Venezuela), dejó 42 muertos y 150 lesionados, [sin mencionar las pérdidas materiales que esto ocasionó]» (Instituto de Estudios Superiores de Administración, 2013, 1).

En el contexto regional se destaca México y Perú, donde en la actualidad cuentan con marcos de referencia legislados por dichos gobiernos con el fin de promover la prevención de los accidentes mayores en las plantas de procesos industriales donde utilizan sustancias químicas altamente peligrosas.

En lo que respecta a Colombia, desde hace algunos años el gobierno en cabeza del Ministerio del Trabajo (2019) junto con representantes de diversos sectores de la economía nacional, han venido promoviendo un «proyecto de modificación de decreto con el fin de incorporar un “Programa de Prevención de Accidentes Mayores” en el Decreto 1072 de 2015» (1). De acuerdo a esta iniciativa,

> sería necesario establecer un desarrollo progresivo para una regulación técnica de la prevención de accidentes mayores, de conformidad con las disposiciones establecidas en la Ley 320 de 1996 y la Ley 1523 de 2012, en observancia de las legislaciones y las prácticas internacionales en la materia (Ministerio del Trabajo, 2019, 2).

> Colombia no ha sido ajena a la ocurrencia de accidentes mayores. Un ejemplo de estos tuvo lugar en diciembre de 2011 en el poliducto de gasolina del sector de Dosquebradas (Risaralda), donde se generó un incendio y fuerte onda explosiva que dejó 33 personas fallecidas, más de cien viviendas destruidas y la contaminación de la quebrada Aguazul, que abastecía al acueducto de la región. Entre el 2008 y el 2013 se registraron 1.569 eventos tecnológicos, de los cuales el 61% corresponde a incendios estructurales, principalmente en los departamentos de Antioquia, Tolima y Cundinamarca (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre, 2015, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31) […]. Sumado a esto, en este mismo periodo se registraron 1.356 eventos no intencionales con hidrocarburos ocurridos principalmente en los departamentos de Santander, Antioquia y Casanare (Agencia Nacional de Licencias Ambientales, 2015, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31).
>
> La información sobre eventos tecnológicos coincide con la estimación de las 124 instalaciones con riesgo de accidentes mayores ubicadas en Bolívar, Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico, Cundinamarca y Santander […] (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31). En estas zonas se ubica el 75% de la población del país, lo que señala un riesgo potencial, con posibles daños sobre las personas, la infraestructura, la economía y el ambiente (Díaz, 2016, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31).

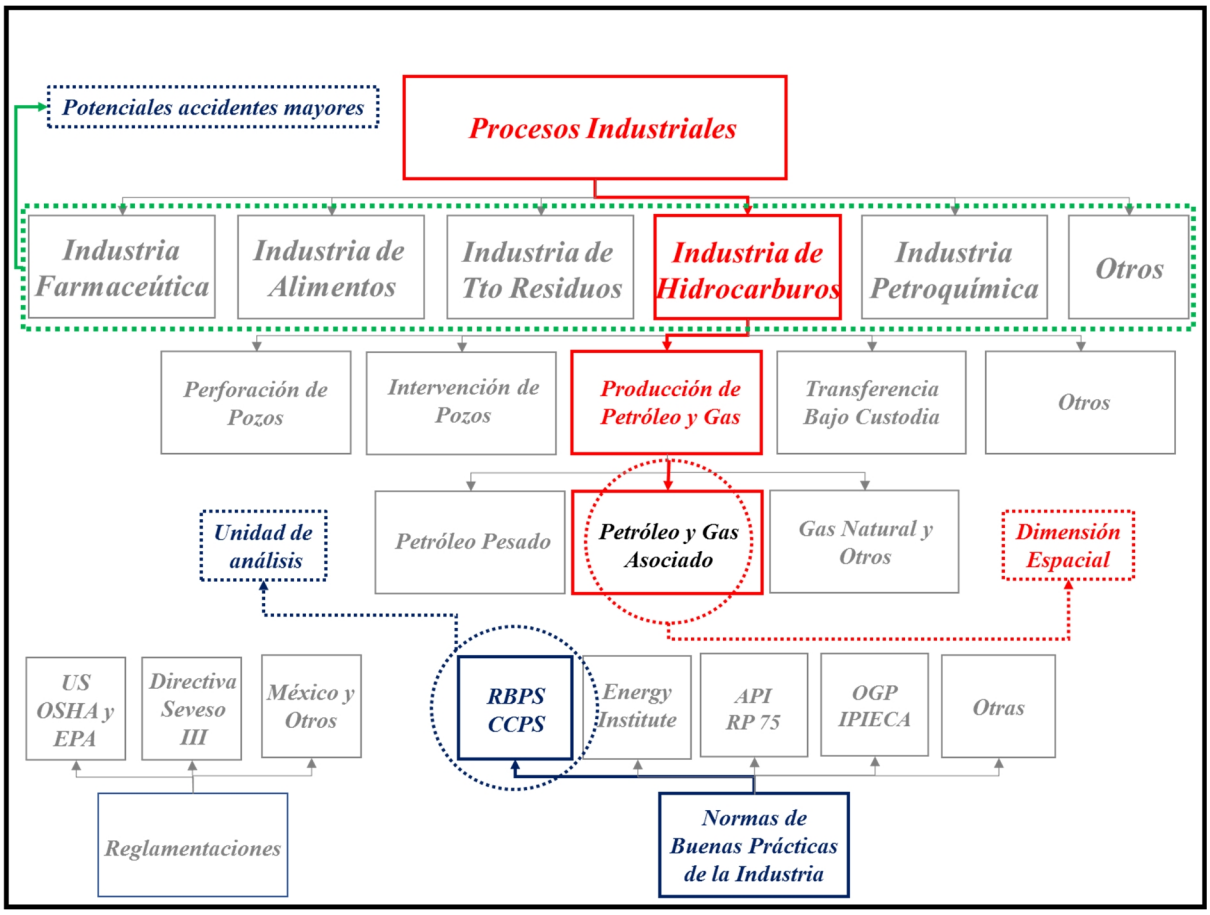
En la Gráfica 3 se muestra un panorama general de los procesos industriales en los que potencialmente se pueden presentar accidentes mayores, al igual que las metodologías de intervención usadas para la prevención de estos accidentes. Se destaca la unidad de análisis y la dimensión espacial que hace parte del trabajo de investigación.

Finalmente, las pocas iniciativas desde la academia latinoamericana, un aspecto que el mismo autor ha evidenciado desde su experiencia profesional, conllevan a pensar que de no tomarse algún tipo de acción que facilite el acceso al público en general a este tipo de

información y conocimiento, constituye un ambiente propicio para facilitar la ocurrencia de accidentes mayores no solo en el sector de la economía nacional objeto del trabajo, sino en otros sectores.

Gráfica 3

Unidad de análisis y dimensión espacial del trabajo de investigación



Fuente: Autor

Pregunta de investigación

¿Cuáles factores estratégicos influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia?

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una guía metodológica conforme a los factores estratégicos que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, a partir del modelo propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS).

Objetivos específicos

Sistematizar los hallazgos de la revisión bibliográfica de la relación entre los factores estratégicos organizacionales y los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos aplicables a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, conforme al modelo propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos.

Validar los factores estratégicos organizacionales que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, a través de la revisión bibliográfica.

Caracterizar el proceso productivo de las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia.

Adaptar al contexto colombiano los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos aplicables a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo, a partir del modelo propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS).

Marco referencial

Antecedentes

Con el fin de identificar los estudios previamente realizados con respecto a la temática y las variables abordadas en el presente estudio, se hizo una búsqueda en varios de los repositorios de las instituciones de educación superior en Colombia y latinoamérica, donde se logró evidenciar que en los «últimos tres años» (p. 16), tiempo establecido por la Corporación Universitaria UNITEC (2020) para desarrollar trabajos de investigación, no se han desarrollado suficientes estudios al respecto; en consecuencia, se optó por incluir los estudios investigativos de pre-grado y post-grado a partir del año 2015 inclusive, siendo organizados cronológicamente desde el más antiguo hasta el más nuevo.

> Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse […]. El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida (Williams, 2003 citador por Hernández, 2014 p. 105).

Las variables, categorías o características objeto del presente estudio y denominadas "factores estratégicos", corresponden a aquellos elementos o aspectos de las organizaciones los cuales impactan positiva o negativamente la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos. En otras palabras, se puede inferior que existe una interrelación entre el proceso de implementación del sistema de gestión de la seguridad de procesos basada en riegos y el carácter de la organización a partir de los factores estratégicos, tales como: el liderazgo, la madurez, la cultura de la organización, etc.

En esta misma dirección, se resalta la importancia de llevar a cabo una caracterización

del sector objeto del estudio por lo que resulta pertinente un análisis del contexto de las organizaciones dentro del proceso de formulación de las estrategias organizacionales. Complementariamente, el autor considera que los requisitos de algunos de los modelos usados para gestionar los riesgos de proceso contribuyen al enriquecimiento del modelo de seguridad de procesos basada en riesgos del CCPS.

El estudio denominado "Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos - Sector petroquímico de Cartagena caso (Cabot Colombiana y Ecopetrol Refinería de Cartagena)", realizado por Lacayo et al. (2015) «para optar el título de post-grado como Magíster en Administración de Empresas de la Universidad Tecnológica de Bolívar en 2015, se enfocó en definir los elementos críticos de los modelos internacionales de administración de seguridad de procesos y los compara con los elementos de los sistemas de gestión de seguridad de procesos del sector petroquímico de Cartagena (Cabot Colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena), para lo cual se realizó una revisión bibliográfica sobre la temática en cuestión. Como parte del trabajo, se logró definir los elementos críticos que conforman un modelo de gestión de seguridad de procesos para su aplicación en los modelos locales, igualmente, se identificaron las virtudes de los modelos analizados para la administración de los peligros y riesgos en el sector de procesos industriales» (p. i, 48-50). Dentro las conclusiones más relevantes, se logró establecer

> que el estándar de la gestión de seguridad de procesos más robusto, completo y adaptable a cualquier tipo de industria que maneje productos peligrosos es el desarrollado por el CCPS, [el cual hace parte del objeto del presente trabajo; así mismo], que es necesario establecer a través de regulaciones gubernamentales el estricto cumplimiento de normas de diseños o buenas prácticas de ingeniería en el desarrollo de actividades o tareas críticas según el proceso del sector industrial (Lacayo et al., 2015, p. 106, 107).

El estudio denominado "Análisis del riesgo de accidentes mayores con gas licuado de petróleo de tipo antropogénico en el terminal GLP Oyambaro de la empresa pública de hidrocarburos del Ecuador - E.P. Petroecuador", realizado por Aguirre (2015) «para optar el título de post-grado como Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo de la Universidad Tecnológica Equinoccial en 2015» (p. i), tiene por objeto

> Analizar el riesgo de accidentes mayores de tipo antropogénico que pueden presentarse durante la operación del terminal GLP Oyambaro, [se aplicó] la metodología HAZOP y la técnica de árbol de fallos, para determinar el riesgo presente en los procesos que podrían desencadenar en un accidente mayor en el terminal GLP Oyambaro; así como la probabilidad de que se materialice el mismo. [Como conclusiones relevantes del estudio, se destaca que] la dirección y velocidad del viento influyen en la radiación térmica […], la vulnerabilidad de las personas por los fenómenos térmicos, puede generar fatalidades dependiendo del número de personas que se hallen en la zona de afectación […], la posibilidad de un accidente mayor en el Terminal GLP Oyambaro es del 4,63%, […], en caso de no existir un detector de fuga de gas […] en el área de almacenamiento, la probabilidad de un accidente mayor se incrementa al 42,94% (Aguirre, 2015, p. 3, 93, 89, 90).

El estudio denominado "Diseño de un modelo de gestión de la seguridad y salud en el trabajo en las actividades de perforación offshore en Colombia", realizado por Báez (2016) «para optar el título de pre-grado en Ingeniero de Petróleos de la Fundación Universidad de América en 2016, tuvo como objeto el diseño de un modelo de gestión de la seguridad y salud en el trabajo en las actividades de perforación offshore en Colombia debido al auge que presentan estas operaciones exploratorias, en vista de la disminución de la reservas del recurso de hidrocarburos en las operaciones continentales. La metodología aplicada, consistió en realizar un comparativo de los modelos de los SG de SST de varias compañías operadoras del sector petrolero las cuales en algunos casos complementariamente incorporan elementos de los sistemas de gestión de seguridad de procesos, así como, la legislación y regulaciones existente en dicha materia» (p. i, 161-176). Como conclusiones relevantes se logró

> determinar que en el país actualmente no existe un modelo de gestión [de seguridad y salud en el trabajo, ni de gestión de los riesgos de procesos] para las operaciones de perforación costa afuera, [se identificó que la causa más relevante de los accidentes ocurridos en operaciones offshore está relacionado con] el desconocimiento de las actividades de HSE, [por sus siglas en inglés seguridad, salud y medio ambiente], como aspecto integral de las operaciones en cuestión; [por otro lado, con respecto a la comparación de los modelos mencionados se pudo] establecer los componentes y elementos del modelo [del sistema de

> gestión de SST para las operaciones de perforación offshore bajo una gestión integral de riesgos de seguridad y salud en el trabajo, así como, de gestión de proceso; finalmente, se pudo] determinar que el elemento más importante para el éxito de los sistemas de gestión de HSE, es el personal teniendo en cuenta que es quien tiene relación directa con el proceso, por este motivo se recomienda prestar mucha atención a ellos. (Báez, 2016, p. 258, 259).

El estudio denominado "Metodología de análisis cuantitativo de riesgo incluyendo el efecto dominó", realizado por Ibarra (2016) «para optar el título de post-grado como Máster en Seguridad Tecnológica y Ambiental en Procesos Químicos de la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, la cual se encuentra ubicada en Cuba (p. i). Como resultado del trabajo se propuso

> una nueva metodología flexible e integral que permitió la evaluación de la influencia del [efecto dominó] en el aumento de la frecuencia e intensificación de las consecuencias de los accidentes mayores […], tomando como base las fortalezas de los métodos de análisis existentes […], sin depender de complejos algoritmos computacionales [elemento fundamental dentro del requisito identificación de peligros y análisis de riesgos de proceso, objeto parcial del presente trabajo] (Ibarra, 2016, p. ii).

El estudio denominado "Modelo de gestión de emergencias mayores en la industria del gas y petróleo en el Ecuador", realizado por Espinosa (2018) «para optar el título de post-grado como Máster en Gestión Ambiental de la Universidad Internacional SEK en 2108» (p. i), tuvo por objeto

> [realizar una] revisión bibliográfica de estándares y buenas prácticas internacionales emitidos por organizaciones reconocidas a nivel mundial [aplicables a la gestión de emergencias]. Como resultado de la investigación […], es posible concluir que la gestión de emergencias en la industria del gas y petróleo es de vital importancia para minimizar daños, a personas, ambiente, continuidad de las empresas asegurando la capacidad de recuperación que una organización necesita para mantenerse operativa luego de tener un evento mayor en sus instalaciones, [así mismo], la implantación de la guía resultado de esta investigación, consiguió que la empresa desarrolle un modelo de gestión de emergencias

> sistemático y dinámico acorde a los peligros de accidentes mayores identificados, de esta manera se minimizará las consecuencias de un evento no deseado en sus instalaciones. (Espinosa, 2018, p. 7, 40).

El estudio denominado "Propuesta metodológica para el diagnóstico y evaluación de sistemas de seguridad de procesos incluyendo principios verdes", realizado por Sarmiento (2019) «para optar el título de post-grado como Máster en Ingeniería de Procesos de la Universidad EAN en 2019» (p. i), tuvo por objeto

> minimizar el riesgo medioambiental y a las personas desde las bases del desarrollo de la ingeniería de procesos verdes, interviniendo desde el diseño de los procesos, los materiales utilizados y las escalas de producción (Poux, 2010 citado por Sarmiento, 2019, p. 11)

> Para el desarrollo del trabajo se partió de la revisión [bibliográfica sobre la temática en cuestión], con la cual se [estableció] el marco de estudio y se definieron los principales criterios de diagnóstico, [con los criterios se consultó] a un panel de expertos tomando como partida la metodología Delphi con una única sesión, para luego estructurar la herramienta de diagnóstico, uniendo el consenso obtenido de expertos y la información recolectada (Sarmiento, 2019, p. 56).

> [De acuerdo con la consulta realizada a los expertos], se obtuvieron los siguientes resultados [pertinentes e importantes para el trabajo objeto de este estudio], […] Catorce de los 15 expertos consideraron trascendental que las organizaciones dispongan de un sistema de gestión en seguridad de procesos. El 60% de los expertos consideró relevante la integración de los diferentes modelos en la gestión de seguridad de procesos, lo cual puede aportar una mejora en su uso e implementación. El total de los expertos consideró de gran valor, poder ofrecer a las organizaciones una herramienta para valorar los sistemas de gestión de seguridad de procesos y establecer una línea base como punto de partida para la mejora del proceso, resaltando la evaluación cuantitativa como un mecanismo de gran valor. El 86,7% de los expertos consideró que la inclusión de conceptos de química e ingeniería verde en la gestión de la seguridad de procesos puede aportar a la mejora en la seguridad de los procesos, dando así mayor relevancia a la inclusión de esta temática como

> un eje de implementación. En promedio, el panel de expertos priorizó los elementos de un sistema de gestión en seguridad de procesos según el siguiente orden, siendo el primer elemento el de mayor relevancia: 1. Liderazgo, compromiso de la dirección y comunicación con los interesados, 2. Selección de personal, competencia y participación de los trabajadores, 3. Identificación de peligros y valoración del riesgo, 4. Identificación y cumplimiento con la legislación y los estándares, 5. Gestión del cambio, 6. Auditorías, control de trabajo, permisos de trabajo y gestión del riesgo de tareas, 7. Diseño del proceso y selección de materiales, contratistas y proveedores, 8. Documentación, procedimientos operativos, registros y gestión del conocimiento, 9. Inspección y mantenimiento, y 10. Ingeniería y procesos verdes. 10 de los expertos encontraron relevante la integración de procesos e ingeniería verde con la seguridad de procesos, lo que sugiere el tema como un complemento útil, más no indispensable. Los principios de ingeniería verde que consideran de mayor importancia e influencia en sistemas de gestión en seguridad de procesos son: 1. Sustentabilidad a lo largo del ciclo de vida, 2. Prevenir en vez de tratar, 3. Inherentemente seguro y no peligroso, 4. Recursos, energía y materiales renovables, y 5. Eficiencia en el uso de materia, energía, espacio y tiempo. Los factores que sugieren como los más relevantes al momento de hacer una evaluación de seguridad en procesos, se pueden resumir en los siguientes: 1. Compromiso de la dirección y el personal, liderazgo, cultura, y alineación con la estrategia competitiva, 2. Conocimiento y estandarización del proceso, 3. Identificación de riesgos, y 4. Mantenimiento de equipos, [y] la mayoría de los consultados indicaron que el compromiso de la dirección y el personal es de resaltar como un factor importante, lo que lo refuerza como un elemento indispensable para ser incluido en la herramienta, de igual manera ocurre con el diagnóstico y la identificación de riesgos. Adicionalmente es interesante encontrar consideraciones de validación del impacto-beneficio y alineación con la estrategia de la compañía, pues esto da lineamientos del nivel de riesgo que la organización está dispuesta a correr (Sarmiento, 2019, p. 57-59).

El estudio denominado “Análisis cuantitativo de riesgos tecnológicos en el manejo de sustancias peligrosas a nivel empresarial en Santo Domingo”, realizado por Cárdenas (2019) «para optar el título de pre-grado en Ingeniería Industrial de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas» (p. i), tuvo por objeto

> aplicar la metodología general para la gestión de riesgos tecnológicos en empresas que operan con sustancias peligrosas, como apoyo a la toma de decisiones en la priorización de la planificación de acciones preventivas (p. 3). [La] metodología se estructura en dos módulos (Evaluación cualitativa de los riesgos tecnológicos en un territorio y Evaluación empresarial de los escenarios de riesgo tecnológico), que integran un conjunto de procedimientos específicos en las diferentes etapas, lo que posibilita su aplicación a nivel territorial y empresarial, alineada con las normas y marcos legales vigentes (Cárdenas, 2019, p. 3, 22).

> [De acuerdo con el estudio, se puede con concluir que] la metodología propuesta […] constituye una herramienta clave en entidades del sector empresarial cubano donde se manipulan sustancias peligrosas ya que permite establecer una jerarquización entre los niveles de análisis y la formulación de políticas públicas de prevención, mitigación y recuperación ante un accidente mayor basado en prioridades, lo que resulta de total relevancia para la solución del problema investigativo. 2. La cuantificación del índice de riesgo tecnológico con el uso de la metodología propuesta considera el riesgo físico causado por eventos de desastre y el agravamiento del impacto dadas las características del área circundante que determinan su vulnerabilidad. El empleo de la aplicación informática SIRT como soporte al módulo II de esta metodología facilita el almacenamiento, recuperación e integración de los datos del estudio, resolviendo una de las carencias de la evaluación del nivel de riesgo (Cárdenas, 2019, p. 56).

El estudio denominado “Diseño del programa de gestión de seguridad de procesos bajo la norma OSHA 29 CFR 1910.119 para químicos altamente peligrosos en la industria de alimento”, realizado por Buitrago et al. (2021) «para optar el título de post-grado como Especialista en Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo de la Universidad ECCI en 2021» (p. i), tuvo por objeto

> diseñar el programa de gestión de seguridad de procesos para químicos altamente peligrosos bajo la norma OSHA 29 CFR 1910.119 en la industria de alimento, [bajo la metodología] correlacional, ya que busco establecer una relación entre los accidentes ocurridos en el sector industrial y la manipulación de químicos peligrosos dentro de los

> procesos de la industria alimentaria. [El estudio contempló las siguientes fases]: diagnóstico inicial de los químicos altamente peligrosos presentes en industria de alimento […], evaluación de los químicos altamente peligrosos con el uso de matrices de evaluación de riesgo, [y] diseñar el programa de PSM, bajo los requisitos de la norma OSHA 29 CFR 1910.119 para los procesos que manipulan químicos altamente peligrosos en la industria de alimento (Buitrago et al., 2021, p. 15, 50-53).

Según Buitrago et al. (2021) «se logró establecer que los químicos altamente peligrosos usados en la industria alimentaria, no están ligados directamente a la naturaleza del negocio, así mismo, aunque en Colombia no existe actualmente legislación específica en materia de seguridad de procesos, las regulaciones actuales dan argumentos suficientes para considerar medidas orientadas a la prevención de accidentes de proceso. Finalmente, aunque son pocos los químicos usados en los procesos alimentarios, siempre existe la posibilidad de ocurrencia de estos accidentes» (p. 89-91).

Marco teórico

En el presente apartado se hace una descripción del marco teórico relacionado con los accidentes mayores, incluyendo algunas generalidades, así como algunas estadísticas sobre el tema desde un panorama mundial, hasta uno nacional.

Accidentes mayores, vulnerabilidad y prevención

Accidentes mayores. Este ha sido un aspecto que ha inquietado a la población mundial desde sus inicios, es así como la Organización Internacional del Trabajo en “Control de riesgos de accidentes mayores - manual práctico”, indica que

> los incendios, las explosiones y la liberación de gases tóxicos pueden causar la muerte o lesiones a trabajadores y otros ciudadanos, provocar la evacuación de comunidades enteras y afectar desfavorablemente al medio ambiente en general. Desastres que se conocen con nombres propios como Basilea, Bhopal, Flixborough, México D.F. y Seveso, han dado origen a las expresiones “Riesgo mayores” y “Control de riesgos de accidentes mayores”;

> la prevención y la lucha contra los riesgos principales han pasado posteriormente a ser una cuestión apremiante en todas las partes del mundo […]. Complementariamente, la misma Organización Internacional del Trabajo, indica que «las posibilidades potenciales de que se produzca un accidente importante debido al aumento de la producción, el almacenamiento y el empleo de sustancias peligrosas implican la necesidad de un enfoque bien determinado y sistemático, si se quieren evitar grandes catástrofes» (Organización Internacional del Trabajo, 1990, p. v).

Los accidentes mayores amenazan la continuidad y la sostenibilidad de cualquier negocio que según Molina (S.F.), «aplica a los procesos cuya naturaleza involucre niveles altos de energía física o química, así como al uso de sustancias químicas altamente peligrosas incluyendo el almacenamiento, manufactura, manipulación, el movimiento o inclusive una combinación de estas actividades» (1). Así mismo, los sectores industriales candidatos para la aplicación de la gestión preventiva en este sentido, son:

> generación de energía, producción de petróleo y gas, sector petroquímicos y químicos, incluyendo su almacenamiento, transporte y distribución a granel, producción de alimentos, producción de farmacéuticos y cualquier otra industria en donde el perfil de riesgos incluya niveles altos de energía intrínseca en su actividad, o en donde se usen materiales considerados como peligrosos, materiales combustibles y/o materiales inflamables (Molina, C., S.F., 3).

Factores y causas de la vulnerabilidad a amenazas de proceso en las organizaciones. Los factores que contribuyen a incrementar la vulnerabilidad frente a las amenazas que se presentan en los procesos de las organizaciones son

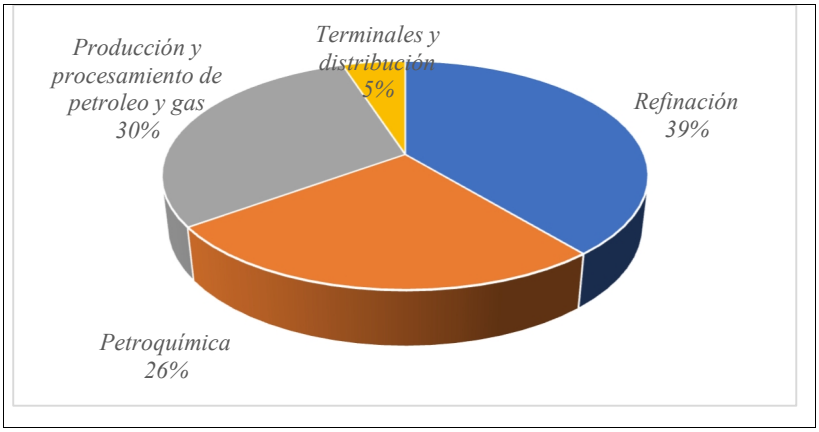
> normalizar los riesgos y peligros latentes dentro de la industria. Descuidar la integridad técnica de plantas, carencia de información por parte de las juntas directivas o los directores respecto a la prevención de accidentes mayores, desestimar la importancia de estar preparados para afrontar un accidente mayor […]. Las experiencias de accidentes mayores han demostrado la importancia de un énfasis en el grado de detalle de los estudios de peligros, particularmente, en términos de daños y efectos de tipo físico y químico (Molina, S.F., 4, 7).

Prevención de accidentes mayores. En lo que respecta a la prevención de los accidentes mayores en el sector petrolero, los sistemas de gestión de seguridad de procesos juegan un papel muy importante. Por otro lado, es fundamental considerar los siguientes factores de riesgo,

> vasijas o tanques a presión, vasijas de procesamiento, separadores, reactores, torres destiladoras, tanques de almacenamiento en condiciones atmosféricas, carga y descarga de cisternas y buques, envasado al detal en tambores, sistemas de tubería y oleoductos, gasoductos, válvulas, equipos de alivio y venteo, teas, tubería y líneas de acceso a yacimientos de petróleo crudo y/o gas, cabezales de pozo, intercambiadores de calor, unidades de tratamiento de líquidos/aguas, equipos generadores (motores, compresores, generadores, turbinas, transformadores), controles (monitores, sensores, detectores, alarmas interconexión/interlocks y bombas (Molina, S.F., 8).

Gráfica 4

Distribución de los eventos de proceso por cada 100 en la industria de los hidrocarburos

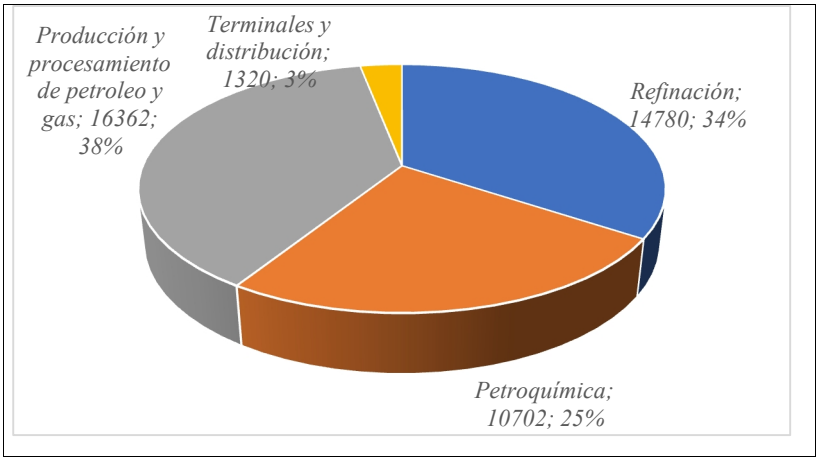


Fuente: Adaptación hecha por el autor a Marsh JLT Specialty, 2020, p. 31

Estadísticas mundiales de accidentes mayores en el sector hidrocarburos. De acuerdo con los estudios publicados por la revista Marsh JLT Specialty (2020) «denominada "100 largest losses in the hydrocarbon industry" para el periodo 1974-2019, como se evidencia en la Gráfica 4 de los 100 eventos que han generado las mayores pérdidas, el 56% están relacionados con el sector petroquímico, de producción y procesamiento de petróleo y gas. Estos mismos eventos generan pérdidas totales por valor de US$M 27.064, correspondiendo al 62,7% de las pérdidas totales» (p. 31), ver Gráfica 4 y Gráfica 5.

Gráfico 5

Distribución de las pérdidas económicas por cada 100 en la industria de los hidrocarburos



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Marsh JLT Specialty, 2020, p. 31

Colombia y los retos que enfrenta en materia de la prevención de accidentes mayores

Los retos que Colombia enfrenta para la implementación del programa de prevención de accidentes mayores (PPAM). Según Molina (2019), «la prevención de accidentes mayores en Colombia conlleva un desafío. No solo por el limitado acceso a la información, los pocos recursos disponibles para enfrentar un accidente de esta naturaleza, sino porque se subestiman las grandes repercusiones que tienen estos eventos sobre la economía» (1). Manifiesta también que «existen muchas limitantes para acceder a la información en lo que concierne a los resultados de las investigaciones de los accidentes mayores, puesto que todo se reduce a las noticias que se publican en los periódicos o en los noticieros de televisión, en el momento que se presentan estos incidentes» (2),

> esto es contrario a lo que se practica en otras regiones, tales como Estados Unidos o la Comunidad Europea. En dichas regiones existen bases de datos con registros de accidentes mayores que permiten acceso público. Los resultados de algunas investigaciones históricas son divulgados y utilizados para alimentar o desarrollar normativas relevantes que contribuyen a mejorar la prevención de tales eventos y la aplicabilidad de estas normas se extiende a todos los sectores industriales, en donde se manejan sustancias peligrosas o derivados de hidrocarburos. Es el caso de Estados Unidos luego del accidente en 1969 en la Plataforma A costa afuera, cerca de Santa Bárbara (California), el presidente Richard

> Nixon proclamó la constitución de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) (Molina, 2019, 3).

Colombia da un primer paso hacia la prevención de accidentes mayores. Molina (2019) manifiesta que «en el 2019 Colombia dio un paso muy importante en materia de prevención de esta clase de accidentes, debido a que ingresó a hacer parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, por sus siglas OCDE. Es así como Colombia se comprometió a desarrollar legislación y como resultado de esto, surgió el proyecto de decreto para el Programas de Prevención de Accidentes Mayores (PPAM), el cual hasta la fecha no ha sido aún ratificado. El contenido del programa se ha hecho con base en las reglamentaciones existentes sobre la materia en países líderes como Estados Unidos y la Comunidad Europea, que han tenido una amplia experiencia sobre la ocurrencia de esta clase de accidentes catastróficos, principalmente en los sectores de energía, petroquímica, exploración y producción de petróleo y gas» (4, 5).

Panorama de la amenaza tecnológica en Colombia. Según el documento 3868 del Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES (2016), donde se establece la política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas, el cual

> busca integrar de manera coherente los procesos de gestión del riesgo y las etapas del ciclo de vida de las sustancias químicas para cubrir el amplio espectro de los problemas asociados con su uso, visto desde la óptica de dos objetos de interés: (i) la sustancia química y (ii) las instalaciones donde se usan; al tiempo que se fortalece la articulación y el compromiso de las entidades responsables del proceso de gestión (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 3).

> Colombia no ha sido ajena a la ocurrencia de accidentes mayores. Un ejemplo de estos tuvo lugar en diciembre de 2011 en el poliducto de gasolina del sector de Dosquebradas (Risaralda), donde se generó un incendio y fuerte onda explosiva que dejó 33 personas fallecidas, más de cien viviendas destruidas y la contaminación de la quebrada Aguazul, que abastecía al acueducto de la región (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31).

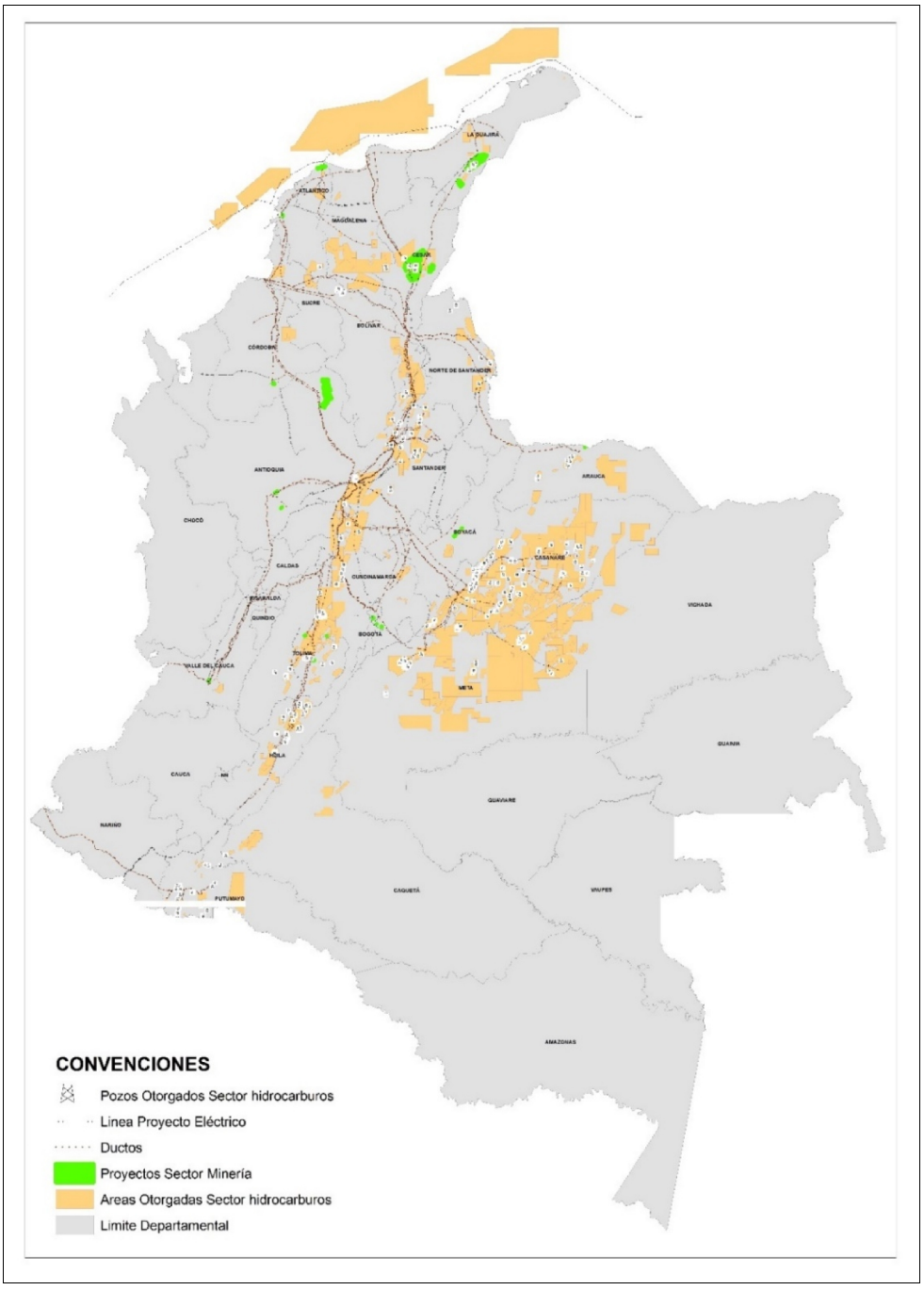
> Entre el 2008 y el 2013 se registraron 1.569 eventos tecnológicos, de los cuales el 61% corresponde a incendios estructurales, principalmente en los departamentos de Antioquia, Tolima y Cundinamarca (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre, 2015, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31) […]. Sumado a esto, en este mismo periodo se registraron 1.356 eventos no intencionales con hidrocarburos ocurridos principalmente en los departamentos de Santander, Antioquia y Casanare (Agencia Nacional de Licencias Ambientales, 2015, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31), ver Gráfica 6.
>
> La información sobre eventos tecnológicos coincide con la estimación de las 124 instalaciones con riesgo de accidentes mayores ubicadas en Bolívar, Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico, Cundinamarca y Santander […] (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31). En estas zonas se ubica el 75% de la población del país, lo que señala un riesgo potencial, con posibles daños sobre las personas, la infraestructura, la economía y el ambiente (Díaz, 2016, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31).

Complementariamente, el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER, indica que

> el consolidado anual de emergencias reportadas, registra en Colombia un total de 386 reportes de emergencias asociados con eventos de origen tecnológico, de los cuales entre los más representativos fueron reportados 265 eventos están de incendio, 83 a relacionados con colapsos y 31 eventos a explosiones (Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2018, citado por Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 5). En la Gráfica 7 se indican los porcentajes de participación por escenarios.

Gráfica 6

Accidentes con hidrocarburos de proyectos con licenciamiento ambiental



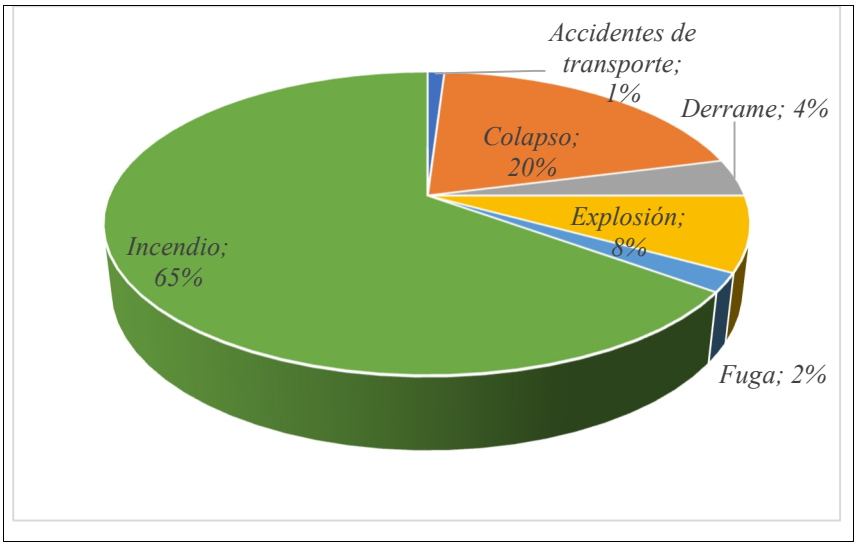
Fuente: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 4

Panorama de la amenaza tecnológica en Bogotá. En la cartilla de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, se indica que

para Bogotá se han elaborado estudios generales para la identificación de instalaciones industriales que de acuerdo con sus características puedan generar una situación peligrosa como incendio, explosión, fuga o derrame. Para las localidades de Fontibón y Puente Aranda, en las que existe mayor concentración industrial, se elaboraron estudios más detallados, con el fin de obtener de manera cualitativa la estimación del riesgo partiendo de los mismos cuatro eventos mencionados anteriormente (Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, S.F., p. 4).

Gráfica 7

Porcentaje eventos por escenarios de origen tecnológico ocurridos en Colombia en el 2018



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 5

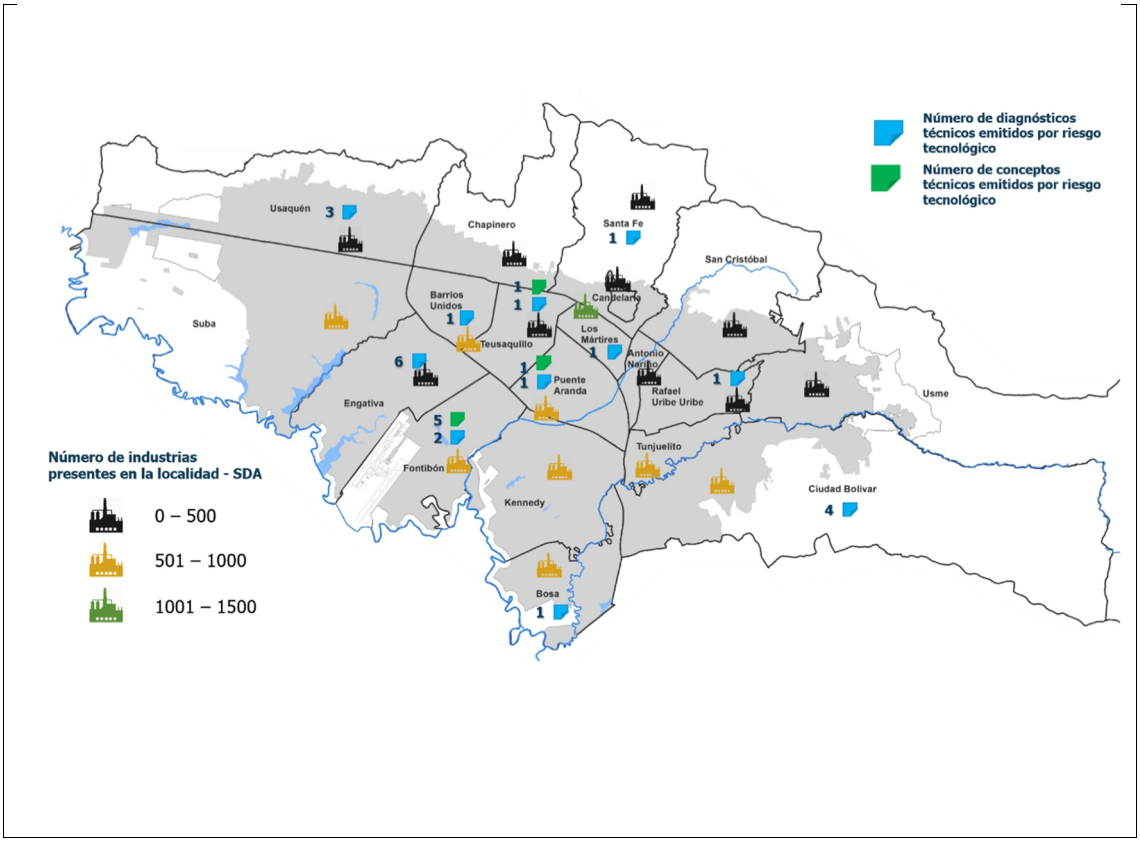
Por otro lado, el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER, indica que

> en Bogotá la amenaza de tipo tecnológico puede verse representada por las diferentes infraestructuras o actividades que en el desarrollo de su operación o por factores o variables externas, pueden ocasionar un evento accidental. Para el año 2014, la Secretaría Distrital de Salud reporta más de 8.000 establecimientos distribuidos en toda la ciudad, objeto de control, debido al uso de sustancias químicas en diferentes cantidades (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 7).

En la ciudad por reportes de ciudadanos u otras entidades distritales, se han elaborado 22 diagnósticos técnicos donde se valoran de forma cualitativa las condiciones de riesgo reportadas, las cuales se distribuyen tal como lo muestra la Gráfica 8 (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 7).

Gráfica 8

Industrias por localidad de la ciudad de Bogotá vs diagnósticos y conceptos emitidos



Fuente: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 7

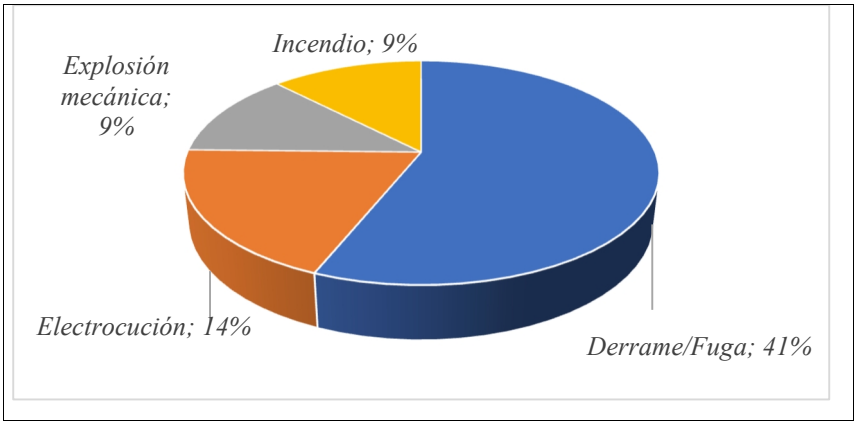
Así mismo, el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, indica que «las principales causas asociadas a eventos tecnológicos en la ciudad corresponden a derrames o fugas de sustancias químicas, fallas eléctricas al interior de viviendas o industrias, explosiones mecánicas e incendios» (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 8).

Ver Gráfica 9 donde se indican porcentajes de las principales causas relacionadas a eventos tecnológicos ocurridos en Bogotá entre el 2001 y 2019, por otro lado, en la Gráfica 10 se

presenta la relación de eventos discriminados por su origen reportados por cada localidad entre el 2001 y el 2020.

Gráfica 9

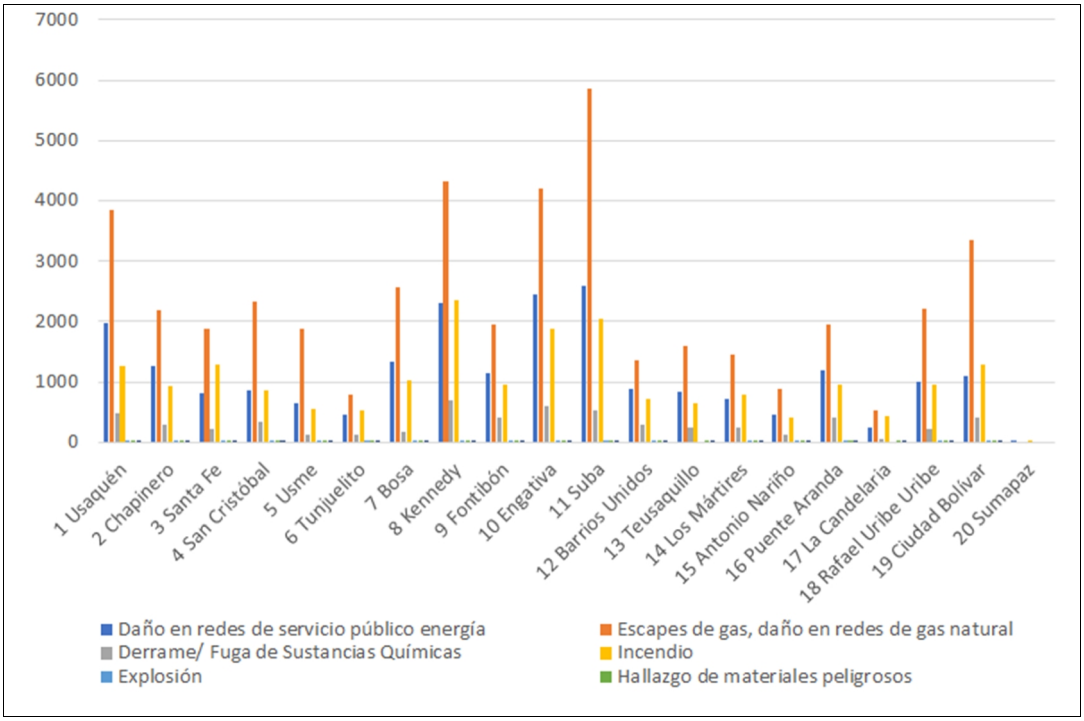
Porcentajes de causas relacionadas a eventos tecnológicos ocurrido entre 2001 y 2019



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 8

Gráfica 10

Eventos discriminados por su origen reportados por cada localidad entre el 2001 y el 2020



Fuente: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021, 10

Marco conceptual

El abordaje del estudio relacionado con la presente investigación denominado "Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia", se realiza mediante un enfoque cualitativo, por tal razón, el autor de estudio se fundamenta sobre «la categoría de análisis del fenómeno concerniente a la metodología propuesta por el centro para la seguridad de procesos químicos (CCPS), la cual se denomina seguridad de procesos basada en riesgos, que en su versión vigente se soporta sobre cuatro (4) pilares principales, los cuales se subdividen en] veinte (20) requisitos para el control de los riesgos de procesos en plantas industriales, y promulgado mediante el documento denominado "Directrices para la implementación de la gestión de seguridad de procesos"

Acrónimos y abreviaturas

En la Tabla 2, se incluyen los acrónimos y abreviaturas importantes para el entendimiento del marco conceptual, aunque se relacionan en su idioma original (inglés) para garantizar la inspiración que los originó, se traducen al español para entendimiento del público en general. Los acrónimos y abreviaturas se apoyan fundamentalmente en las "Directrices para la implementación de la gestión de seguridad de procesos" del CCPS, por su traducción del idioma inglés en el cual están escritas originalmente, las cuales se constituyen en el referente principal del presente trabajo.

Tabla 2

Acrónimos y abreviaturas comúnmente usadas en el marco de los sistemas de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos

Acrónimo o Abreviatura	***Inglés***	***Español***
AIChE	*American Institute of Chemical Engineers*	*Instituto Americano de Ingenieros Químicos*
ALARP	*As Low As Reasonably Practicable*	*Tan Bajo como sea Razonablemente Posible*
API	*American Petroleum Institute*	*Instituto Americano del Petróleo*
CAAA	*The Clear Air Amendment*	*La Enmienda a la Ley de Aire Limpio*
CCPS	*Center for Chemical Process Safety*	*Centro para la Seguridad de Procesos Químicos*

Acrónimo o Abreviatura	*Inglés*	*Español*
EPA	*U.S. Environmental Protection Agency*	*Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América*
HIRA	*Hazard Identification and Risk Analysis*	*Identificación de Peligros y Análisis de Riesgos*
HLS	*High Level Structure*	*Estructura de Alto Nivel*
ITPM	*Inspection, Testing, and Preventive Maintenance*	*Inspección, Prueba y Mantenimiento Preventivo*
KSA	*Knowledge, Skills, and Ability*	*Conocimiento, Habilidades y Capacidades*
LOPC	*Loss of Primary Containment*	*Evento de Pérdida de Contención Primaria*
MOC	*Management of Change*	*Manejo del Cambio*
MSDS	*Material Safety Data Sheet*	*Hoja de Datos de Seguridad del Material*
OSHA	*U.S. Occupational Safety and Health Administration*	*Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos de América*
P-D-C-A	*Plan, Do, Check, Act*	*Planear, Hacer, Verificar y Actuar*
RBPS	*Risk-Based Process Safety*	*Seguridad de Procesos Basada en Riesgos*
RMP	*Risk Management Program*	*Programa de Administración del Riesgo*
SEMS	*Safety and Environmental Maganement System*	*Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental*
SIL	*Safety Integrity Level*	*Nivel de Integridad de Seguridad*
SIS	*Safety Instrumented System*	*Sistema Instrumentado de Seguridad*

Fuente: Adaptación hecha por el autor a CCPS, 2016, p. 13-15

Términos y conceptos

Los términos y conceptos usados dentro de la gestión de la seguridad de procesos basada en riesgos objeto del trabajo realizado se relacionan alfabéticamente en el Anexo C.

La terminología, aunque en algunos casos particulares es ajustada para un entendimiento mejor del público objeto con base en el conocimiento y experiencia del autor del estudio de investigación, se fundamenta en las “Directrices para la implementación de la gestión de seguridad de procesos basada en riesgos” del CCPS en la cual están escritas originalmente, y las cuales se constituyen en el referente principal del presente trabajo.

Marco reglamentario y marco normativo

Las reglamentaciones y normas que se citan corresponden a los referentes que de una u otra forma se relacionan con el objetivo del presente trabajo, y por tanto, pueden aportar a su desarrollo. La diferenciación de conceptos, que el autor del presente trabajo hace entre lo que se entiende por un marco reglamentario y un marco normativo, es que el primero se refiere a la legislación emitida por los países u organizaciones de los países, las cuales tienen un carácter obligatorio en lo que tiene que ver con su aplicación y cumplimiento dentro del contexto de cada país o región, en este sentido, su no cumplimiento puede acarrear sanciones, suspensiones y/o multas.

Por otra parte, el marco normativo hace referencia a los estándares, normas, procedimientos, instructivos, prácticas recomendadas o en general buenas prácticas de la industria, las cuales resultan del consenso de las organizaciones, entidades u asociaciones, que mediante la participación de sus representantes en los comités técnicos logran establecer acuerdos o convenios, por ejemplo: las normas ISO; en este sentido, su cumplimiento tiene un carácter voluntario, y su aplicación parcial o total tan solo se hará efectiva para las entidades u organizaciones que tomen las decisión de acogerlas de forma voluntaria, o los países donde se hayan adoptado mediante alguna reglamentación.

Reglamentaciones internacionales

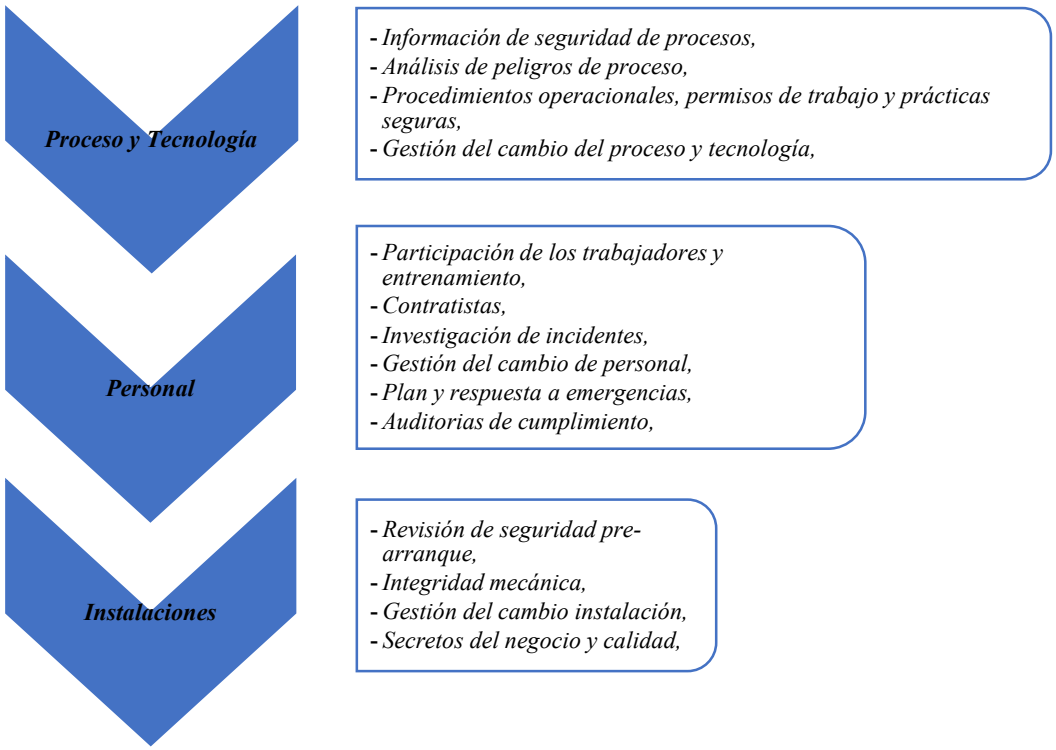
Administración de la seguridad y salud ocupacional (US OSHA). Según la U. S. Occupational Safety and Helath Administration (2000), «el gobierno de los Estados Unidos de América en razón a los accidentes catastróficos ocurridos en varias partes del mundo durante los años 80´s, solicitó a la U. S. OSHA través de la enmienda a la Ley de Aire Limpio (CAAA) de 1990 desarrollar un programa regulatorio para proteger a los trabajadores de los riesgos de accidente que involucran químicos peligrosos» (p. 1).

La misma U. S. Safety and Health Administration (2020), «el 24 de febrero de 1992 luego de varias revisiones por parte de expertos y los gobiernos estatales, la OSHA publicó la

reglamentación 29 CFR OSHA 1910.119 denominada “Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals”, y en español “Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos de Químicos Altamente Peligrosos” la cual contiene los requerimientos para la gestión de los peligros asociados con los procesos que involucran sustancias químicas altamente peligrosas y estableció un programa de administración que integró la tecnología, los procedimientos y las prácticas administrativas» (p. 2).

Gráfica 11

Sistema de gestión de seguridad de procesos conforme a la reglamentación OSHA 1910.119



Fuente: Adaptación hecha por el autor a U. S. Occupational Safety and Health Administration, 2000, p. 3, 4, 9-26

La reglamentación emitida por la U. S. Safety and Health Administration (2000), «incluyó un apéndice con la relación de las sustancias químicas altamente peligrosas, así como, las cantidades umbrales permitidas dentro de una planta de proceso, igualmente, este establece la aplicabilidad del mismo a las instalaciones que contienen materiales inflamables a partir de 10.000 Lb» (p. 5), ver el Anexo A y el Anexo B, respectivamente.

El sistema de gestión de seguridad de procesos reglamentado, aunque por los años que tiene claramente requiere ser actualizado a partir de las lecciones aprendidas de los accidentes ocurridos en los últimos años, actualmente es de obligatoria aplicación en los Estados Unidos de América y está conformado por 14 elementos, ver Gráfica 11.

Agencia para la protección ambiental (US EPA). Según la U. S. Environmental Protection Agency (1996) «a través de la enmienda a la ley de aire limpio (CAAA), el gobierno de los Estados Unidos de América también ordenó a la U. S. EPA desarrollar un programa regulatorio para reducir el riesgo de accidentes químicos serios que potencialmente afectaran la salud del público en general y al medio ambiente» (p. 31668).

La U. S. Environmental Protection Agency (1996) «promulgó la lista de productos químicos altamente peligroso en el Apéndice del documento el 31 de enero de 1994 (59 FR 4478), y su Programa de Administración del Riesgo (RMP) el 20 de junio de 1996 (61 FR 31668), el cual codificó como 40 CFR Parte 68» (p. 31668-31671, 31729-31730).

Por otro lado, según la U. S. Enviromental Protection Agency (S.F.), «el programa establecido contempla tres (3) criterios de elegibilidad de los procesos industriales para el desarrollo del programa de gestión del riesgo» (2), tal como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3

Programas de gestión del riesgo de la agencia para la protección del ambiente

Programa 1	***Programa 2***
Aplicable para cualquier proceso que no haya tenido ninguna liberación accidental, con consecuencias fuera de la facilidad para un periodo dentro de los últimos cinco años previo a la fecha de sometimiento del RMP, y en el cual no se prevea afectaciones potenciales al público cerca de su perímetro o incluso dentro de la distancia a un punto potencialmente afectable en el peor de los escenarios por la liberación de un material tóxico o inflamable. Los requerimientos del Programa 1 son: Evaluación de Peligros (Análisis del Peor Caso), Historia de la accidentalidad de los últimos 5 años (Programa	*Aplica a los procesos que no están contemplados dentro del Programa 1, ni el Programa 3. Los requerimientos del Programa 2 son: Análisis del peor escenario, Determinación de posibles liberaciones accidentales, Historia de la accidentalidad de los últimos 5 años, Sistema de gestión documental, Información de seguridad, Revisión de peligros, Procedimientos operacionales, Entrenamiento, Mantenimiento, Investigación de incidentes, Auditorias de*

Programa 1	***Programa 2***
de gestión), Programa de prevención, Programa de respuesta ante emergencias y Plan de gestión del riesgo,	*cumplimiento, y Desarrollo del plan y programa, y*
Programa 3	
Aplicable a aquellos procesos codificados dentro la Clasificación Industrial Estándar (SIC) como: 2611 (plantas de pulpa de celulosa), 2812 (cloro-alcalino), 2819 (inorgánicos industriales), 2821 (plásticos y resinas), 2865 (crudos cíclicos), 2869 (orgánicos industriales), 2873 (fertilizantes nitrogenados), 2879 (químicos agrícolas) 2911 (refinerías de petróleo). Este también aplica a todos los procesos sujetos a cumplir con el estándar de gestión de seguridad de procesos de la OSHA (29 CFR OSHA 1910.119), a menos que al proceso industrial específico le corresponda dar cumplimiento con el Programa 1. Los requerimientos del Programa 3 son: Análisis del peor caso, Determinación de posibles liberaciones accidentales, Historia de la accidentalidad de los últimos 5 años, Sistema de gestión documental, Información de la seguridad del proceso, Análisis de peligros del proceso, Procedimientos operacionales, Entrenamiento, Integridad mecánica, Investigación de incidentes, Auditorias de cumplimiento, Gestión del cambio, Revisiones pre-arranque, Gestión de contratistas, Participación de los trabajadores, Permisos de trabajo en caliente, y Desarrollo del plan y programa.	

Fuente: Adaptación hecha por el autor a U. S. Environmental Protection Agency, 1996, p. 31670, 31671

Organización internacional del trabajo (OIT). La Organización Internacional del Trabajo (1990) «en 1988 emitió la edición original en inglés del "Major Hazard Control - A Practical Manual", del cual posteriormente en 1990 se produce la versión en español "Control de Riesgos de Accidentes Mayores - Manual Práctico" como contribución de la OIT al Programa Internacional PNUMA/OIT/OMS de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS). El manual es el resultado de la colaboración de expertos en el tema» (p. v), así mismo,

> es una respuesta al debate público acerca de cómo prevenir los accidentes más graves. [Su preparación fue el resultado de una recomendación que surgió en una reunión tripartita de consultores especialistas la cual fue] convocada por la Oficina Internacional del Trabajo en 1985, después del grave accidente de Bhopal, ocurrido en la India […]. El manual tiene por objeto ayudar a todos los países a examinar la conveniencia de establecer un sistema de control de los principales riesgos. [El sistema en mención aplica] a los países donde ciertos aspectos de la prevención y lucha contra los riesgos principales ya han sido considerados, así como, en aquellos países que tienen la intención de establecer por primera vez un programa para controlar los riesgos más graves. [En particular, el manual] resulta

> indispensable para los cuerpos de inspección de las fábricas, las direcciones de las facilidades que presentan riesgos mayores, los sindicatos y las autoridades locales, así como, la policía, los servicios de bomberos y los puestos de socorro (Organización Internacional del Trabajo, 1990 p. v)

Complementariamente, la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo convocada en Ginebra por el Consejo de Administración de la Oficina Internacional del Trabajo; hace referencia a

> «los convenios y recomendaciones internacionales del trabajo pertinente, y en particular el Convenio y la Recomendación sobre seguridad y salud de los trabajadores, en 1981, [y el] Convenio y la Recomendación sobre los productos químicos, en 1990, [y] subrayando la necesidad de adoptar un enfoque global y coherente; [y también], tomando nota del "Repertorio de Recomendaciones Prácticas para la Prevención de Accidentes Industriales Mayores", publicado por la OIT en 1991» (Organización Internacional del Trabajo, 1993, 1)

La Organización Internacional del Trabajo (1993) «en el Convenio No. 173 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, establece que el convenio en mención continuará en vigor para los miembros que lo hayan ratificado e inclusive para aquellos que no ratifiquen el convenio revisor; por otro lado, en esta reunión se adoptó también la Recomendación No. 181 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, así mismo, se establece que de conformidad con la declaración tripartita de principios sobre las empresas multinacionales y la política social, adoptada por el Consejo de Administración de la Oficina Internacional del Trabajo, toda empresa nacional o multinacional que cuente con más de un establecimiento sin discriminación alguna debería adoptar medidas de seguridad para prevenir accidentes mayores y controlar acontecimientos que puedan dar lugar a un accidente mayor y para proteger a los trabajadores en todos sus establecimientos, cualquiera que sea el lugar o el país en que se encuentren» (1-5).

Directiva seveso III.

En el marco de la aplicación de la legislación sobre accidentes graves ha habido varias

directivas Europeas que han ido definiendo el marco legal actual, creando varias versiones de la norma históricamente denominadas Seveso I, Seveso II y Seveso III. De este modo el marco legal ha sido actualizado periódicamente, recogiendo las principales lecciones aprendidas de los accidentes ocurridos. […] El origen de la legislación Seveso, corresponde con la respuesta Europea a una serie de accidentes catastrófico, que ocurrieron durante la década de 1970 y principios de los años 80's. […] De forma particular, el accidente ocurrido el 10 de julio de 1976 en la localidad de Seveso, en la región Italiana de Lombardía, dio nombre a la legislación Europea relativa a la prevención de accidentes mayores. La liberación de una nube blanca con una pequeña cantidad de tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD), [un material muy tóxico], contaminó una extensa área […]. Debido al accidente, un total de 733 personas fueron evacuadas, en un periodo de hasta 20 días después del accidente y 5.000 personas fueron puestas en supervisión médica. Aunque en este accidente no hubo muertos ni heridos, siendo catalogado así como un accidente de menor importancia con respecto a otros reportados hasta ese momento, la falta de información y protocolos de actuación provocó, durante los siguientes días, un estado de confusión elevado debido a nuevas enfermedades en habitantes, así como, muerte de animales que se encontraban en la zona afectada, hechos que provocaron un gran impacto y la evidencia de falta de conocimiento y de protocolos de actuación, ya que, a modo de ejemplo, los últimos ciudadanos fueron evacuados 20 días después del accidente. Este suceso fue el detonante de la publicación de la primera directiva Europea para la prevención y control de accidentes graves, conocida como Directiva Seveso 82/501/CEE y del consejo del 24 de junio de 1982, relativa a los riesgos de accidentes graves en determinadas actividades industriales, y posteriormente fue denominada como Seveso I (Espejo et al., 2020, p. 8-19).

[…] Posteriormente a la promulgación de la Directiva 82 en 1982, se registran accidentes igualmente importantes. Concretamente en 1984 ocurrieron tres de los accidentes más graves de la historia: en Cubatao (Brasil), se presentó la rotura de un oleoducto, que dejó más de 500 personas fallecidas; en San Juan de Ixhuatepec (México), una explosión e incendio de un parque de almacenamiento de GLP, cobró la vida de más de 500 personas y ocasionó la devastación de prácticamente todos los activos de la compañía, y en Bhopal

> (India), un escape de gas con formación de una nube tóxica de isocianato de metilo (MIC), dejó cerca de 4000 muertos y más de 180.000 heridos y afectados […]. De este modo, la Comunidad Económica Europea aprobó la Directiva 96/82/CE del Consejo de 9 de diciembre de 1996 relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, que la llamó Seveso II. En esta directiva, se definió el marco de obligaciones y documentos que sigue vigente hasta hoy en día […]. Durante la aplicación de Seveso II en España también se aprobó la Directriz Básica que fijó los contenidos mínimos, estructura y criterios de cálculo para los documentos técnicos, igualmente, se amplió el alcance y aplicación de la Normativa Seveso a actividades de pirotecnia o sectores que quedaban excluidos […]. En el año 2008. se aprobó el nuevo reglamento sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, también denominado reglamento CLP 1272/2008 del parlamento Europeo y del consejo, del 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) No. 1907 de 2006. En este reglamento se varían todos los criterios de clasificación de sustancias que constituyen la base de cálculo de afectación y de consideración del alcance de la aplicación de las reglamentaciones Seveso para establecimientos industriales. El reglamento entró en vigor el 1 de junio de 2015 y para adaptar la normativa Seveso a la nueva clasificación de sustancias, se aprobó la Directiva 2012/18/UE del parlamento Europeo y del consejo, del 4 de julio de 2012 relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, la cual se denominó Seveso III. [Generalmente], se define una planta, facilidad o activo como Seveso I, Seveso II o Seveso III en función del año en que quedó afectado por la normativa vigente sobre accidentes graves (Espejo et al., 2020, p. 8-19).

Regulaciones para el control de los peligros de accidentes mayores (COMAH).

Según el Health & Safety Executive (2015) «las regulaciones COMAH, por sus siglas en inglés, fueron elaboradas por la Agencia Ejecutiva para la Salud y Seguridad del Reino Unido, las cual tuvo sus orígenes en 1883 a través del "Factory Act"» (p. 1).

El Health & Safety Executive (S.F.) «actualmente es un organismo regulador

independiente con más de 40 años de experiencia promoviendo la salud y seguridad de los trabajadores en las organizaciones de Gran Bretaña» (4).

En su versión vigente, según el Health & Safety Executive (2015) «las regulaciones COMAH corresponden a su tercera edición emitidas el 1 de junio de 2015 y revocó la versión anterior del año 1999; las directrices tienen por objeto ayudar a los empleadores a cumplir con las Regulaciones sobre el Control de los Peligros de Accidentes Mayores (COMAH). El propósito de las regulaciones de la Agencia es la prevención de accidentes mayores que involucran sustancias peligrosas y busca reducir las consecuencias sobre las personas y el ambiente cuando un accidente de esta naturaleza ocurra. Las regulaciones COMAH de 2015 emitidas por la Agencia, implementan la mayoría de las Directivas Seveso III 2012/18/EU en Gran Bretaña, sin incluir Irlanda del Norte ya que este país produce sus propias regulaciones. Por otro lado, los requerimientos sobre el planeamiento del uso de la tierra de la Directiva Seveso III son implementados a través de legislación que actualmente se encuentra en proceso de planeación» (p. 1).

Reglamentación existente en latinoamérica

Argentina. Argentina un país referente en latinoamérica, actualmente cuenta con legislación en seguridad y salud en el trabajo, pero el autor no logró evidenciar regulaciones en lo relacionado a la seguridad de los procesos industriales.

De acuerdo con el Centro e-Learning Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires (2020) la siguiente es «la relación de la legislación más destacada en materia de seguridad y salud en el trabajo: Ley 19587 de 1972 sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ley 24013 de 1991 sobre Protección del Trabajo, Ley 25887 de 2004 sobre Régimen Laboral y Resolución SRT 592 de 2004 Reglamento para la Ejecución de Trabajos con Tensión» (p. 35).

Chile. En Chile otro país referente en latinoamérica, actualmente hay legislación en materia de seguridad y salud en el trabajo, pero el autor de la investigación no logró evidenciar la existencia de legislación en materia de seguridad de los procesos industriales.

Gráfica 12

Sistema de gestión de seguridad de procesos conforme a norma oficial mexicana NOM-028-STPS-2012

Aspectos preliminares	***Requisitos del sistema***
- *Objetivos,* - *Campo de aplicación,* - *Referencias,* - *Definiciones,*	- *Obligaciones del patrón, y* - *Obligaciones de los trabajadores,* - *Análisis de Riesgos,* - *Procedimientos de seguridad y autorizaciones para trabajos peligrosos,* - *Administración de riesgos,* - *Administración de la integridad mecánica de los equipos críticos,* - *Administración de cambios,* - *Plan de atención a emergencias,* - *Programa de auditorías internas,* - *Procedimiento para la investigación de accidentes mayores,* - *Sistema de información sobre los procesos y equipos críticos,* - *Contratistas,* - *Programa de capacitación,* - *Unidades de verificación, y* - *Procedimiento para la evaluación de la conformidad.*

Fuente: Adaptación hecha a Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2012, p. 1, 2

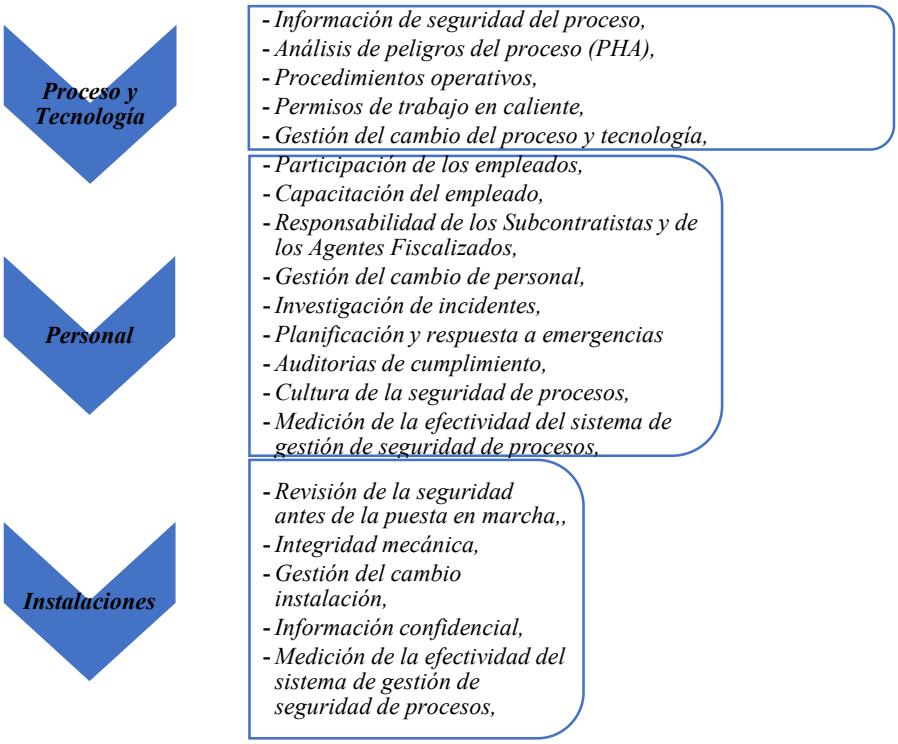
México. De acuerdo con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2012) «en México, se generó un proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-028-STPS del 2004, Organización del trabajo - Seguridad en los procesos de sustancias químicas, para quedar como PROY-NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo - Seguridad en los procesos de sustancias químicas peligrosas. La revisión final del propio proyecto y las modificaciones propuestas, se materializaron por medio de la Norma Oficial Mexicana NOM-028-STPS-2012» (p. 1), denominada

> "Sistema para la Administración del Trabajo - Seguridad en los Procesos y Equipos Críticos que Manejen Sustancias Químicas Peligrosas", la cual tiene por objeto establecer los elementos de un sistema de administración para organizar la seguridad en los procesos y equipos críticos que manejan sustancias químicas peligrosas, a fin de prevenir accidentes mayores y proteger de los daños a las personas, a los centros de trabajo y a su entorno. [En el Apéndice A del reglamento en referencia, se relacionan las cantidades umbrales de

sustancias químicas peligrosas. Esta legislación contempla 15 requisitos para su sistema de gestión de seguridad de procesos, ver la Gráfica 12 donde se especifican los requisitos] (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2012, p. 1, 2, 36-40).

Gráfica 13

Sistema de gestión de seguridad de procesos conforme a resolución 203-2020-OS/CD



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería del Perú, 2020, p. 39-51

Perú. Actualmente nuestro país vecino del Perú, de acuerdo con el Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería del Perú (2020) «cuenta con reglamentación para la gestión de la seguridad de procesos en plantas de refinación y procesamiento de petróleo (p. 39),

> la Resolución 203-2020-OS/CD fue expedida el 26 de noviembre de 2020 por parte del Consejo Directivo del Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería, [comúnmente conocido como OSINERGMIN] […]. La resolución aprueba disposiciones para la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos en las Instalaciones donde se realizan actividades de Refinación y Procesamiento de

> Hidrocarburos […], [y] toma como referencia [lo indicado en] el estándar U. S. OSHA 1910.119, [y su alcance de conformidad con el artículo 5 para] la implementación y operación correcta del Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos, los Agentes Fiscalizados [deben considerar como mínimo los siguientes aspectos ver Gráfica 13] (Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería del Perú, 2020, p. 39-51).

Reglamentación existente en Colombia

En Colombia, actualmente hay legislación en seguridad y salud en el trabajo, así como, legislación relacionada con la prevención de desastres. En lo que respecta a la seguridad de procesos, aún no se ha generado reglamentación específica en seguridad de procesos industriales pese que se han adoptado convenios internacionales de la OIT para la prevención de accidentes industriales mayores. Complementariamente, alguna legislación recientemente emitida tal como la Resolución 4 0295 de 2020 requiere cumplir con la implementación de planes de gestión de riesgos de proceso.

> Desde el año 2017
> el gobierno en cabeza del Ministerio del Trabajo, junto con representantes del sector industrial de la economía nacional, han venido estudiando un proyecto de modificación de decreto con el fin de incorporar un "Programa de Prevención de Accidentes Mayores" el cual se incluiría como un capítulo adicional dentro del Decreto 1072 de 2015 (Ministerio del Trabajo, 2019, 1).

En el Anexo D se incluye un cuadro resumen sobre la legislación colombiana en materia de gestión de riesgos, la reglamentación más relevante en materia de seguridad y salud en el trabajo, y prevención de desastres, así como, los convenios internacionales que se han adoptado con el fin de promover la gestión de los riesgos de proceso con miras a la prevención de accidentes industriales mayores en Colombia.

Normas de buenas prácticas de la industria

Tal como se indicó previamente, el marco normativo, hace referencia a la relación de normas o buenas prácticas de la industria, las cuales resultan del consenso de las organizaciones u asociaciones agrupadas y que generalmente son representadas por personal técnico altamente conocedor de las temáticas objeto de análisis, en este sentido, su cumplimiento tiene un carácter voluntario, y su aplicación parcial o total tan solo se hará efectiva para las entidades u organizaciones que las acojan de forma voluntaria, o en su defecto, cuando los gobiernos las adopten mediante algún tipo de legislación.

Centro para la seguridad de procesos químicos (CCPS). El Center for Chemical Process Safety (2016), «fue creado en 1985 como respuesta a un accidente químico mayor ocurrido en Bhopal, India. En 1988, el CCPS publicó un anuncio motivacional para su próxima estructura para la gestión de la seguridad de procesos, denominada "Gestión de la Seguridad de Procesos Químicos – Un Reto para el Compromiso", y su propósito fue educar a los jefes ejecutivos de la industria química sobre la importancia de implementar actividades para la gestión de la seguridad de procesos en sus operaciones, así como, motivarlos a adoptar un enfoque de sistema de gestión. En 1989, el CCPS comenzó a publicar una serie de guía para motivar a sus miembros a trabajar en la prevención de los accidentes de una forma más integrada y holística. Desde su creación el CCPS ha publicado más de 100 guías, herramientas y temáticas relacionadas con la gestión de la seguridad de procesos. En 2007, el CCPS publicó "Las Guías para la Seguridad de Procesos Basada en Riesgos", la cual presentó la nueva generación del sistema de gestión de seguridad de procesos conformado por 20 elementos» (p. 43-50).

> El objetivo de las guías de seguridad de procesos basada en riesgos es ayudar a las organizaciones a diseñar e implementar efectivamente sistemas para la gestión de seguridad de procesos. Estas guías proveen métodos e ideas acerca de cómo (1) diseñar un sistema de gestión para la seguridad de procesos, (2) corregir un sistema de gestión deficiente de seguridad de procesos, o (3) mejorar las prácticas para la gestión de seguridad de procesos (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 4).

> El enfoque de la seguridad de procesos basada en riesgos reconoce que no todos los peligros y los riesgos en una operación o una instalación […] son iguales; por consiguiente, es apropiado distribuir los recursos de manera que se concentre el esfuerzo en los peligros mayores y en los riesgos más altos. Utilizar las mismas prácticas de alta intensidad para manejar todos los peligros es hacer uso ineficiente de los escasos recursos. Un enfoque basado en riesgos reduce el potencial de asignar una cantidad indebida de recursos para manejar las actividades de bajo riesgo, liberando así recursos para las tareas que se ocupan de las actividades de mayor riesgo (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 4).

Gráfica 14

Evolución de la seguridad de procesos y estrategias para la prevención de accidentes / pérdidas

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 6

En general, el sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos pretende dar respuesta a los problemas de seguridad de procesos en todas las operaciones que implican la fabricación, el uso o la manipulación de sustancias peligrosas o de energía. Cada empresa debería decidir qué áreas físicas y cuales etapas del ciclo de vida del proceso deberían estar sujetas al sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos,

> mediante el proceso de pensamiento basado en el riesgo para decidir el grado de detalle a utilizar y de esta forma alcanzar los objetivos de seguridad de los procesos (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 5).
>
> A través de los años, la industria de procesos ha desarrollado varios enfoques estratégicos sobre accidentes químicos y prevención de pérdidas. En un momento [dado de análisis], las industrias, las empresas y las instalaciones no se encuentran en la misma etapa a lo largo de este espectro. De hecho, los departamentos dentro de las instalaciones, las diversas funciones dentro de un departamento, o la misma función del departamento en diferentes momentos, pueden optar por implementar varias estrategias al mismo tiempo, [ver Gráfica 14] (Center for Chemical Process, 2016, p. 6).
>
> Las directrices del Center for Chemical Process Safety establecen que para entender los riesgos asociados con una actividad se requiere dar respuesta a las preguntas relacionadas a continuación, así mismo, con base en el nivel de entendimiento de las respuestas correspondiente, una organización puede decidir qué acciones emprender para eliminar, reducir o controlar el riesgo de proceso existente, considerando ¿Qué puede salir mal?, ¿Qué tan malo puede ser? y ¿Con qué frecuencia puede ocurrir? (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 6).

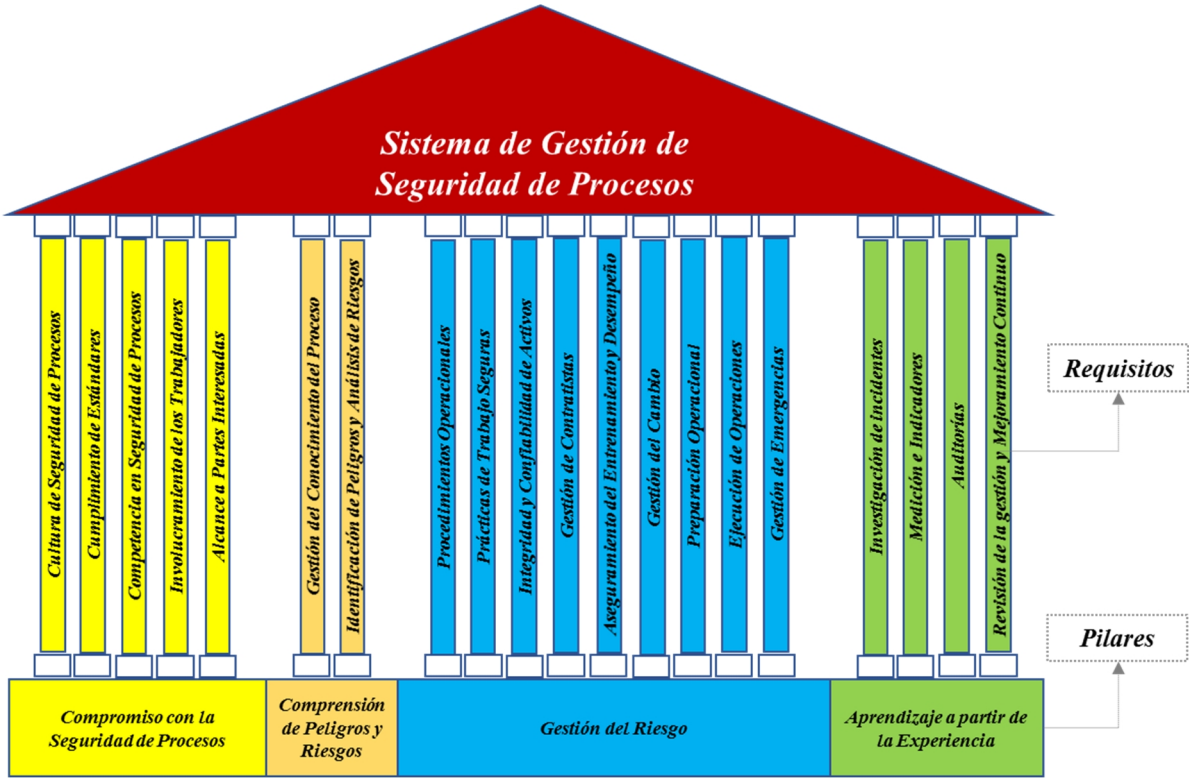
El diseño de la guía metodológica para la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos para las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, que se constituye en un entregable del presente trabajo, se fundamenta en las directrices propuestas por el Center for Chemical Process Safety (2007) e «incorpora cuatro (4) pilares principales para la prevención de accidentes. A continuación, se detallan cada uno de los pilares, así como, los 20 elementos y su distribución en cada uno de los pilares: Compromiso con la seguridad de procesos: (1) Cultura de la seguridad de procesos, (2) Cumplimiento de estándares, (3) Competencia en seguridad de procesos, (4) Involucramiento de trabajadores, (5) Alcance a partes interesadas; Comprensión de peligros y riesgos: (6) Gestión del conocimiento del proceso, (7) Identificación de peligros y análisis de riesgos; Gestión del riesgo: (8) Procedimientos operativos, (9) Prácticas de trabajo seguro, (10) Integridad y confiabilidad de

facilidades, (11) Gestión de contratistas, (12) Aseguramiento del entrenamiento y desempeño, (13) Gestión del cambio, (14) Preparación operacional, (15) Ejecución de operaciones, (16) Gestión de emergencias; y Aprendizaje a partir de la experiencia: (17) Investigación de incidentes, (18) Medición e indicadores, (19) Auditorías y (20) Revisión de la gestión y mejoramiento continuo» (p. 47, 48, 51, 52), ver igualmente la Gráfica 15.

> El objetivo principal de este enfoque basado en riesgos es ayudar a una organización a construir y operar un sistema de gestión de seguridad de procesos de forma más efectiva. [Las directrices del CCPS] describen como diseñar o mejorar cada actividad de seguridad de procesos de manera que la gestión que se le dé a cada actividad sea la apropiada para satisfacer las necesidades esperadas para dicha actividad (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 6).

Gráfica 15

Pilares fundamentales y requisitos asociados que constituyen un robusto sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos



Fuente: Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 7

> El enfoque estratégico basado en riesgos se fundamenta en el principio de que se predican los niveles apropiados de detalle y de rigor en las prácticas de seguridad de procesos mediante tres factores: (1) Una comprensión suficiente del riesgo asociado con los procesos donde se enfocan las prácticas de seguridad de procesos, (2) El nivel de exigencia de la actividad de trabajo de seguridad de procesos (por ejemplo, el número de solicitudes de cambio que se deben revisar cada mes) en comparación con los recursos disponibles, y (3) Se implementa la cultura de seguridad de procesos dentro de cada práctica de seguridad de procesos (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 6).

Instituto de energía (EI). El Instituto de Energía (2010) de Inglaterra fundado en el año 2003 «es el principal organismo de membresía profesional que apoya a los individuos y a las organizaciones entorno a la industria energética, y provee un punto de vista independiente para la comunidad energética y es una voz convincente para acoplar los negocios y la industria, los gobiernos, la academia y al público internacionalmente. El Instituto de Energía promueve la seguridad, la responsabilidad ambiental y el suministro y uso eficiente de la energía en todas sus formas y aplicaciones. En 2010, publicó "El Marco de Trabajo de Alto Nivel para la Gestión de la Seguridad de Procesos", este marco de referencia fue el resultado del trabajo que llevó a cabo el equipo técnico del Instituto de Energía, y provee un enfoque simple y sistemático adecuado para las organizaciones grandes y pequeñas entorno al sector de la industria energética definiendo los aspectos organizacionales claves necesarios para lograr poner en orden y asegurar la integridad de las operaciones incorporando factores técnicos, de mantenimiento, operacionales, humanos y organizacionales» (p. ii, v,).

Es importante anotar, que el marco de trabajo de la gestión de la seguridad de procesos que incorporó el Instituto de Energía (2010) «provee un referente de buenas prácticas de la industria; la profundidad de su aplicación en cada organización debería variar de acuerdo al alcance y complejidad de las operaciones que esta realiza. El sistema de gestión en referencia cuenta con cuatro (4) áreas focales, y estas áreas focales están conformadas por 20 elemento» (p. 5, 6), tal como se relacionan en la Gráfica 16.

Gráfica 16

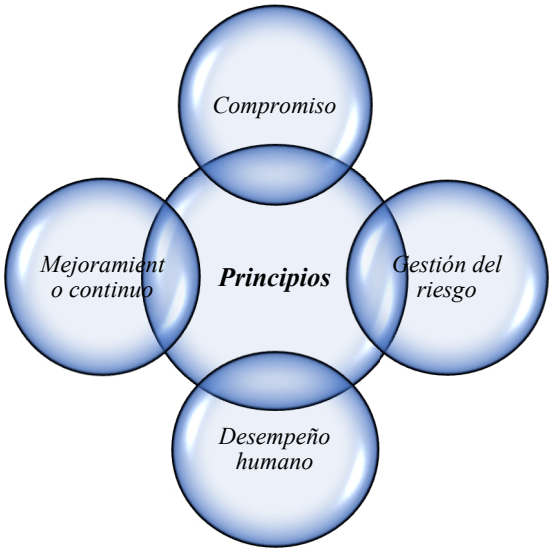
Requisitos del sistema de gestión propuesto por el instituto de energía

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Energy Institute, 2010, p. 5, 6

Instituto americano del petróleo (API). El American Petroleum Institute (2019) «desde su creación ha emitido un gran número de buenas prácticas aplicables a la industria de los hidrocarburos, y entre ellas se encuentra la norma API RP 75 sobre "Práctica Recomendada para el Desarrollo de un Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental para Operaciones y Facilidades Costa Afuera", la cual en su cuarta edición y versión vigente del 2019, describe los elementos de un sistema de gestión de seguridad y ambiental (SEMS) para operaciones costa afuera, con un marco de trabajo para el establecimiento, implementación y mantenimiento de tal manera que se gestionen y reduzcan los riesgos asociados con la seguridad y el ambiente para prevenir los incidentes y eventos» (p. ii, vii).

Gráfica 17

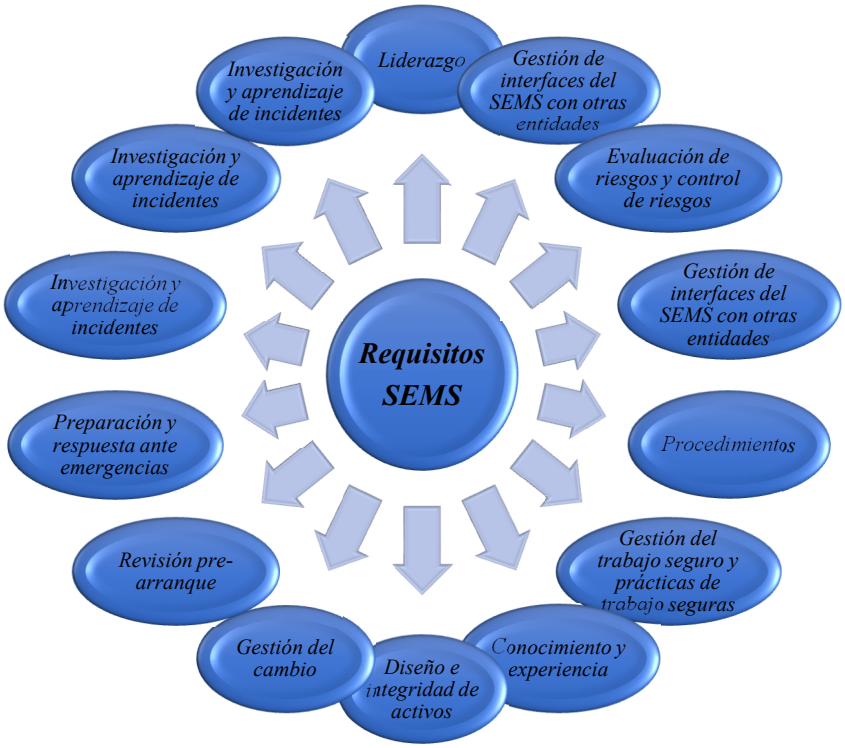
Principios del sistema de gestión del riesgo del instituto americano del petróleo



Fuente: Adaptación hecha por el autor a America Petroleum Institute, 2019, p. 4, 5

Gráfica 18

Requisitos que conforman el sistema de gestión del riesgo del instituto americano del petróleo

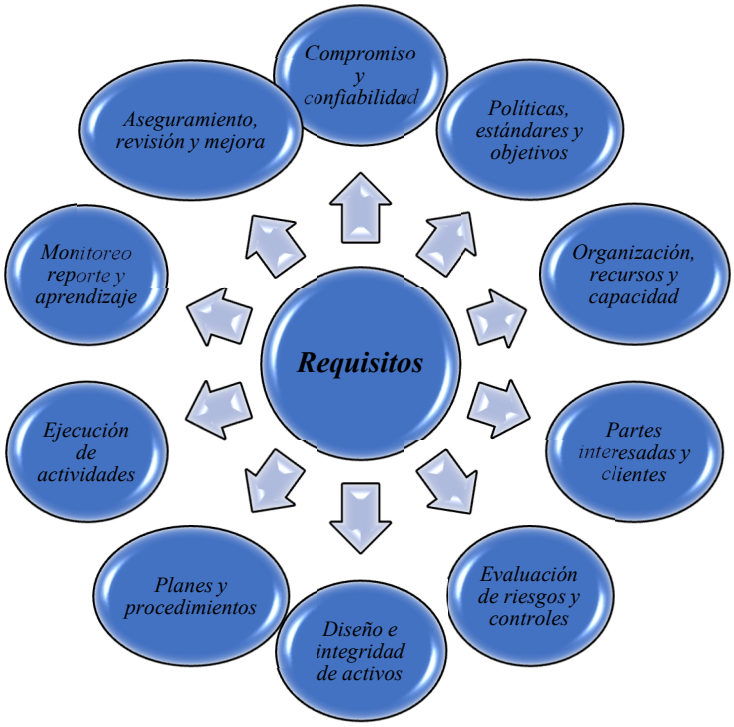


Fuente: Adaptación hecha por el autor American Petroleum Institute, 2019, p. 5, 6

La práctica recomendada del American Petroleum Institute (2019) «aplica en parte o de forma completa a las compañías que laboran en operaciones costa afuera desde la fase de evaluación hasta el decomisionamiento de las facilidades. De acuerdo con la práctica recomendada, los principios relacionados en la Gráfica 17 son fundamentales para el establecimiento, implementación, mantenimiento, efectividad y mejoramiento continuo del SEMS. Por otro lado, en la Gráfica 18 se detallan los requisitos que conforman la práctica recomendada en referencia» (p. 4, 5, 6).

Gráfica 19

Requisitos del sistema de gestión del riesgo propuesto por la organización de gas y petróleo



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Intertional Association of Oil and Gas Producers, 2014, p. 4

Asociación internacional de productores de petróleo y gas (IOGP). La International Association of Oil and Gas Producers (2014) «desarrolló el marco de referencia del sistema de gestión operacional para el control del riesgo y alto desempeño en la industria del petróleo y gas (OGP-IPIECA)**.** El nuevo OGP–IPIECA de junio del 2014 a través del Reporte No.510, provee

un “Marco de Referencia del Sistema de Gestión Operacional” u OMS bajo un enfoque integrado y consistente para apoyar a las compañías en la definición y alcance de las metas y requerimientos de las partes interesadas, mientras gestionan los riesgos significativos inherentes a la industria del petróleo y gas» (p. 1).

Por otro lado, la International Association of Oil and Gas Producers (S.F.) indica que «el marco está soportado además por el Reporte No.511, el cual suministra una orientación sobre como establecer y mantener un OMS, incluye igualmente muchos ejemplos de procesos y prácticas específicas de la industria del petróleo y gas, y está conformado por tres (3) secciones: (1) Cómo iniciar, en esta se indica como usar las directrices para lograr establecer un OMS e inclusive como mejorar continuamente aquellos sistema existentes, (2) Los procesos y prácticas, la industria del petróleo y gas tienen un amplio número de estándares, procesos, prácticas, reglas, métodos, guías herramientas, procedimientos e instructivos de trabajo cuyo propósito es la reducción y el control de los riesgos, esta sección incluye además ejemplos cuya denominación se da desde el P1 hasta el P10, y (3) Sostenibilidad y mejora del sistema, esta sección ofrece ejemplos sobre indicadores para evaluar el éxito de la implementación del OMS, y se relacionan desde el M1 hasta el M10» (1).

Así mismo, la International Association of Oil and Gas Producers (2014) relaciona «los diez (10) elementos que hacen parte del sistema de gestión operacional, distribuidos en 4 fundamentos: (1) liderazgo, (2) gestión del riesgo, (3) mejoramiento continuo e (4) implementación» (p. 4), sus requisitos se muestran en la Gráfica 19.

Normas de la organización internacional de normalización (ISO). Existen normas de buenas prácticas emitidas por la Organización Internacional de Normalización sobre diversas temáticas de interés general y para las organizaciones. En la Tabla 4 se relacionan las normas ISO que permiten la gestión de los riesgos de naturaleza diversa en una organización.

Como requisitos nuevos de las normas referidas en su estructura de alto nivel (HLS) y que son pertinentes como referentes para el desarrollo del trabajado de investigación, se incluyen consideraciones de los numerales conforme a la Organización Internacional de Normalización

(2018) sobre «(4.1) Comprensión de la organización y de su contexto, (4.2) Comprensión de las necesidades y expectativas de los trabajadores y de otras partes interesadas y (4.3) Determinación del alcance del sistema de gestión» (p. 9-10).

Tabla 4

Normas organización internacional de normalización que permiten la gestión de los riesgos de naturaleza diversa en la organización

Norma ISO	***Alcance de la norma***
ISO 9001:2015	*Según la Organización Internacional de Normalización (2015) «la versión 2015, es la última versión de la norma de buenas prácticas aplicable a las organizaciones de cualquier tamaño y sector de la economía, y establece los requisitos mínimos que conforman un sistema de gestión para garantizar la calidad del producto o servicio con un enfoque basado en procesos y en la gestión del riesgo y oportunidades, bajo el ciclo P-H-V-A, y obedeciendo a una Estructura de Alto Nivel (SL) que entre otras bondades, facilita la integración de sistemas de gestión bajo los estándares ISO» (p. 1-5),*
ISO 14001:2015	*Según la Organización Internacional de Normalización (2015) «la versión 2015, es la última versión de la norma de buenas prácticas aplicable a las organizaciones de cualquier tamaño y sector de la economía, y establece los requisitos mínimos que hacen parte de un sistema de gestión ambiental con el fin de propender por la protección del medio ambiente y los recursos naturales de los impactos ambientales significativos que se generan al llevar a cabo las actividades de la organización; la gestión se basa en un enfoque por procesos y en la gestión del riesgo y oportunidades, bajo el ciclo P-H-V-A y obedeciendo a una Estructura de Alto Nivel (SL), lo cual facilita la integración de sistemas de gestión bajo los estándares ISO» (p. 1-8).*
ISO 45001:2018	*Según la Organización Internacional de Normalización (2018), «la versión 2018, es la primera y única versión de la norma de buenas prácticas aplicable a las organizaciones de cualquier tamaño y sector de la economía, y establece los requisitos mínimos que hacen parte de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, y busca evitar el deterioro de la salud, así como, la protección y seguridad de los trabajadores de los riesgos que se generan al llevar a cabo las actividades de la organización; la gestión se basa en un enfoque por procesos y en la gestión del riesgo y oportunidades, bajo el ciclo P-H-V-A y obedeciendo a una Estructura de Alto Nivel (SL), lo cual facilita la integración de sistemas de gestión bajo los estándares ISO» (p. 1-8).*
ISO 31000:2018	*Según la Organización Internacional de Normalización (2018), «la versión 2018, es la última versión de la norma de buenas prácticas aplicable a las organizaciones de cualquier*

Norma ISO	*Alcance de la norma*
	tamaño y sector de la economía, y establece los parámetros para gestionar los riesgos, la toma de decisiones, estableciendo y logrando objetivos y mejorando el desempeño. Se basa en el hecho que las organizaciones se enfrentan a factores e influencias externas e internas que hacen incierto el logro de sus objetivos. La gestión del riesgo es parte de la gobernanza, y el liderazgo es fundamental en la manera en que se gestiona la organización en todos sus niveles, aspectos que contribuyen a la mejora de los sistemas de gestión. La gestión del riesgo está basada en principios, un marco de referencia y el proceso que describe la misma ISO 31000:2018» (p. 1-5).

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Organización Internacional de Normalización

Contexto de la organización. Con base en lo establecido por la Organización Internacional de Normalización (2018), este aspecto «contempla las cuestiones internas o externas, positivas o negativas e incluyen condiciones, características o circunstancias cambiantes que puedan afectar al sistema de gestión» (p. 30, 31), ver Gráfica 20.

Gráfica 20

Cuestiones externas e internas de la organización

Fuente: Adaptación hecha por el autor a partir de la norma ISO 45001, 2018, p. 30, 31

Partes interesadas del sistema de gestión. Según la Organización Internacional de Normalización (2018), son las «personas u organizaciones que potencialmente se pueden afectar o inclusive se perciben como afectadas, como consecuencia de las decisiones o las actividades que realiza la organización» (p. 2).

Alcance del sistema de gestión. Según la Organización Internacional de Normalización (2018), «contempla los límites y la aplicabilidad del sistema de gestión, por tanto la organización debería considerar su contexto, las necesidades y expectativas de las partes interesadas, así como, las actividades, productos y servicios bajo su control» (p. 10).

Metodología

Hipótesis

Según Kerlinger et al. (2002) en su libro “Investigación del comportamiento”, «la hipótesis es una declaración conjetural, una proposición tentativa acerca de la relación entre dos o más fenómenos o variables» (p. 14). Para ver esta relación (causa-efecto), en el Anexo E se incluyen las variables independientes, “factores estratégicos organizacionales”, y mediante la relación de “influencia” se considera que estas tienen un efecto sobre las variables dependientes, la cual la conforman los requisitos del “sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos”.

De conformidad con las consideraciones anteriores, se plantea la siguiente hipótesis para el trabajo de investigación: “Los factores estratégicos de las organizaciones influyen en la implementación efectiva de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones productoras de petróleo en Colombia”.

Tipo de estudio

El estudio según Hernández et al. (2018) «es de tipo transversal debido a que se realiza en un momento en el tiempo y los instrumentos se aplican igualmente en un momento específico» (p. 176), siendo este periodo “el primer semestre del año 2021”, lo cual implica un solo trabajo de campo. Complementariamente, el trabajo de investigación es de tipo documental puesto que el autor realiza una revisión bibliográfica relacionada con los macro-temas que se indican en el Anexo E, a través de un estudio exploratorio.

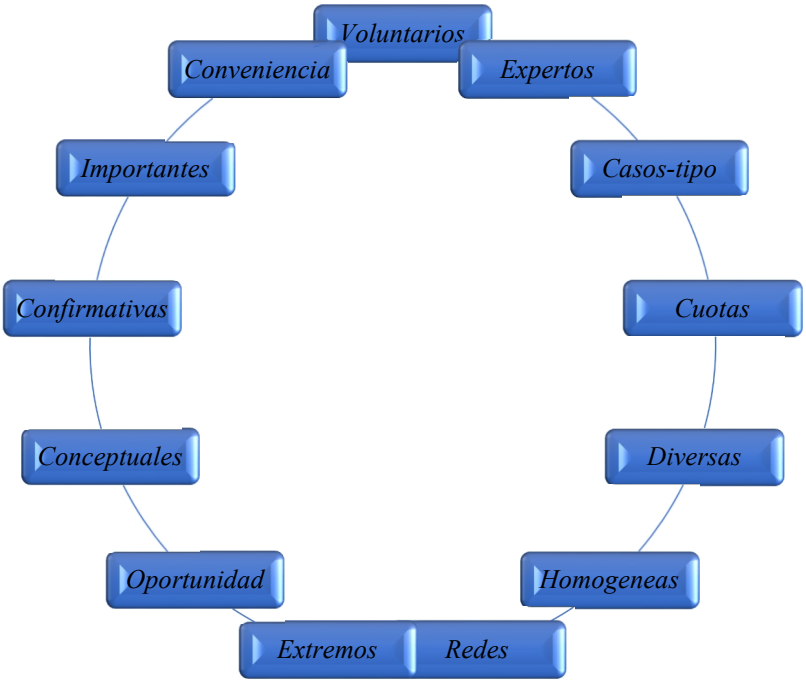
Universo, población y muestra de la investigación

Para el presente ejercicio académico, el universo coincide con la población. Según Hernández et al. (2014) «se delimita la población que es objeto de estudio y sobre la misma se pueden generalizar los resultados que se obtengan en la investigación» (p. 174).

La población se puede definir como «el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones» (Lepkowski, 2008, citado por Hernández, 2014, p. 174). Para el estudio corresponde a la población bibliográfica acerca de los macro-temas, ver Anexo E, así como, la población de profesionales expertos que pueden contribuir desde su conocimiento y experiencia en el desarrollo de la encuesta, y por otro lado, en la entrevista.

Gráfica 21

Clases de muestras normalmente usadas en los estudios con enfoque cualitativo



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Hernández, et al, 2018, p. 425

Por otro lado, con el fin de representar a la población,

en un estudio cualitativo, las decisiones respecto al muestreo reflejan las premisas del

> investigador acerca de lo que constituye una base de datos creíble, confiable y válida para abordar el problema, [por otro lado], el tamaño de la muestra o números de casos o unidades de muestreo se define […] durante o después de la inmersión inicial, es tentativa y se puede ajustar en cualquier momento del estudio, no es probabilística, no busca generalizar resultados sino profundizar en el fenómeno bajo estudio (Hernández et al, 2018, p. 424, 425).

> En los estudios cualitativos el tamaño de muestra no es importante desde una perspectiva probabilística, pues el interés del investigador no es generalizar los resultados de su estudio a una población más amplia, sino profundizar en el entendimiento de un fenómeno (Hernández et al, 2018, p. 424).

En la Gráfica 21 se enuncia la relación frecuente de muestras fundamentales usadas en los estudios de carácter cualitativo. Es por esta razón, que el autor del trabajo de investigación se apoya con tipos de muestras relacionadas a continuación.

Muestra no probabilística por oportunidad

Dado que la información bibliográfica disponible en el proceso de búsqueda y revisión bibliográfica permite compilar información pertinente e importante relacionadas con cada uno de los macro-temas del estudio, especialmente ligados a las experiencias que las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo han tenido durante la implementación sistemas de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, ver Anexo F donde se incluyen los criterios de inclusión. Los detalles y características de las muestras de expertos usadas en el estudio se especifican en el apartado correspondiente a los resultados obtenidos.

Muestra no probabilística de expertos

Los expertos participan en el diligenciamiento del cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión PSM, 23 en total, así como, la entrevista de los factores estratégicos de las organizaciones del sector petrolero, 5 en total. Los expertos participantes, son profesionales

especialistas que tienen más de 10 años de laborar en la industria de los hidrocarburos, y para el caso de la entrevista conocen el sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos. La información obtenida se constituye en un insumo clave para la elaboración de la guía metodológica propuesta por el estudio. Los criterios, detalles y características de las muestras de expertos usadas en el estudio se especifican en el Anexo F y Anexo G, y el apartado correspondiente a los resultados obtenidos.

Paradigma de la investigación

Según la Corporación Universitaria UNITEC (2020), «hay muchas formas de entender los paradigmas epistemológicos, o simplemente, maneras de definir y caracterizar el conocimiento. Estas formas se diferencian porque cada una está asociada a uno de los grupos de teorías existentes, que va a responder ¿Qué es el conocimiento?, de esta manera tales paradigmas son: positivista, hermenéutico y crítico, por otro lado, para cada uno de ellos existe un método o enfoque que va a responder ¿Cómo se obtiene el conocimiento?, estos son: cuantitativo, cualitativo y mixto, respectivamente (28:00-30:30).

De acuerdo con la capacitación impartida por la Corporación Universitaria UNITEC (2020) el presente estudio de investigación «se ubica dentro del paradigma de tipo hermenéutico, el cual considera que un fenómeno o hecho social se puede estudiar a partir de la información cualitativa y de esta manera producir conocimiento de tipo científico» (35:35-36:30).

Enfoque de la investigación

En cuanto al enfoque de la investigación, según Corporación Universitaria UNITEC (2020) y como se citó previamente, para el caso particular del estudio, «este se desprende del paradigma de investigación, y cumple con los siguientes criterios: usa categorías de análisis del tipo características en vez de variables, es amplio, interpreta y comprende, explica las causas o las razones, y las preguntas de investigación no se pueden responder con operaciones matemáticas» (1:00:40-1:07:35), características que permiten catalogarlo dentro del enforque cualitativo.

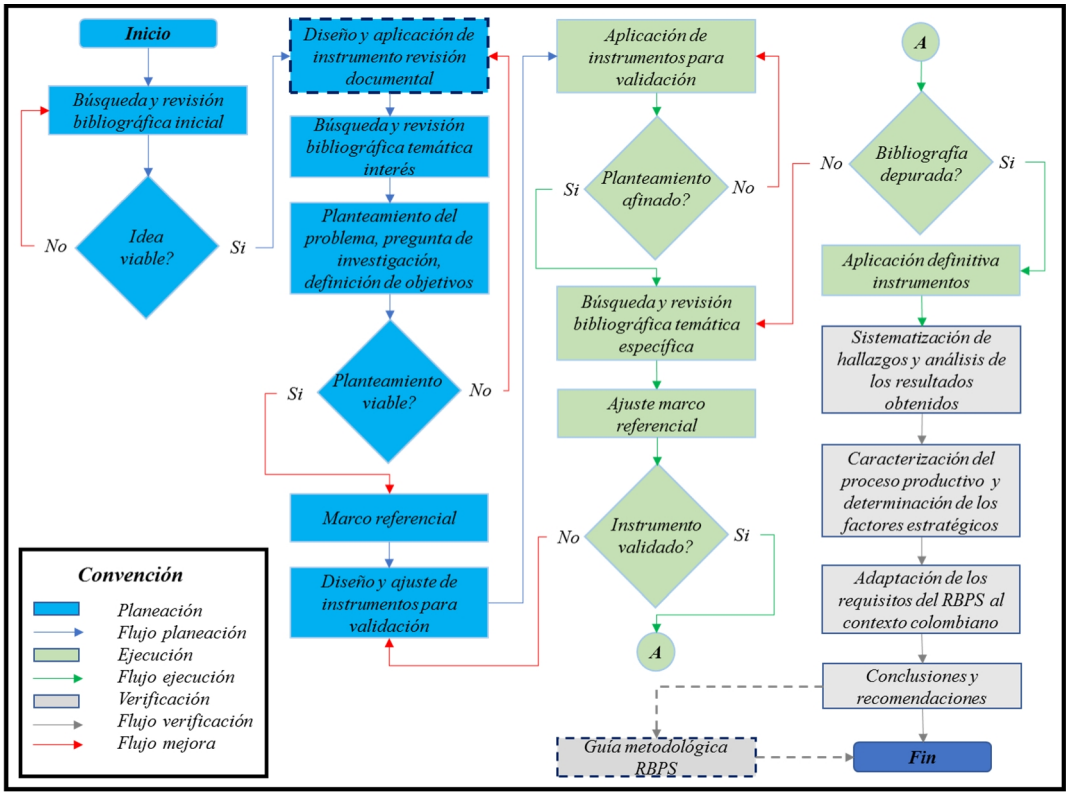
Para entender el fenómeno relacionado con el presente trabajo, se usa como marco conceptual el método propuesto por el Center for Chemical Process Safety sobre la seguridad de procesos basada en riesgos, denotado como RBPS por sus siglas en inglés.

Diseño de la investigación

Debido a que el trabajo de investigación se apoya en la búsqueda y revisión bibliográfica sobre la temática en cuestión para el cumplimiento de los objetivos, el diseño de la investigación corresponde al tipo "no experimental". Las fases del diseño se elaboran con base al ciclo P-H-V-A propuesto por las normas ISO, y se esquematizan por medio de la Gráfica 22; sin embargo, es prudente indicar que en un estudio de esta naturaleza las fases del diseño no siguen una secuencia ordenada, sino que se ajustan de acuerdo a las necesidades que se identifican para dar respuesta a la pregunta problema del trabajo de investigación, también ver el Anexo I.

Gráfica 22

Diseño metodológico del trabajo de investigación



Fuente: Autor

Fase I, búsqueda y revisión bibliográfica

Como se evidencia en la Gráfica 22 la búsqueda y revisión de bibliografía, así como, su depuración se contempla desde el inicio del trabajo de investigación y en varias etapas; siendo una actividad crítica, puesto que el estudio como se ha indicado es de carácter documental. Así mismo la bibliografía es pertinente e importante porque soporta el marco referencial del ejercicio académico y se relaciona con los macro-temas que se contemplan en el Anexo F.

La búsqueda contempla documentos tales como: artículos científicos de revista y de memorias, tesis de grado, estudios de casos exitosos, entre otros relacionados con la implantación exitosa del modelo de seguridad de procesos basada en riesgos en operaciones de producción de hidrocarburos, como objeto de análisis.

Por otro lado, debido a que el autor no tiene acceso a bases de información de sociedades técnicas de carácter privado, lo cual sería lo ideal, puesto que estas tienen un costo, se realiza la consulta fundamentalmente en bases públicas de acceso libre, donde evidentemente se cuenta con información limitada sobre el tema. Esta situación genera la necesidad de ampliar los criterios de búsqueda, los cuales se incluyen en el formulario del resumen analítico especializado (RAE) que se usa, ver Anexo F. Los criterios que se consideran son entre otros: ampliación del año de edición del documento de tres (3) a seis (6) años, documentos en lengua inglesa, igualmente, se contempla la inclusión de documentos relacionados con los diversos modelos existentes para gestionar los riesgos de proceso, así como, las etapas y actividades en las cuales se aplican los modelos.

De no hallar información que permita dar respuesta a la pregunta problema del presente ejercicio académico, se contempla el diseño y aplicación de una entrevista por oportunidad a expertos del sector en cuestión.

Las fuentes de información que se consultan durante el desarrollo del estudio son principalmente de tipo primario y secundario, debido a que el estudio se desarrolla en una fase exploratoria. Estas fuentes se detallan a continuación.

Fuentes de información primaria. Información útil para la elaboración de la guía metodológica como entregable del trabajo de investigación, que se obtiene a partir del cuestionario aplicado, ver Anexo G, y que una vez analizado permite recopilar los conocimientos y expectativas de un grupo de profesionales de diversas disciplinas que trabajan en el sector petrolero. Complementariamente, la información que se obtenga durante la realización de la entrevista por oportunidad, la cual surge como alternativa a la falta de información bibliográfica, ver Anexo H.

Fuentes de información secundaria. Información útil para el cumplimiento de los objetivos del estudio, y que se obtiene a partir de la aplicación del formulario de resumen analítico especializado (RAE) a los documentos que se obtengan a partir del proceso de búsqueda bibliográfica de información, ver Anexo F.

Fase II, diseño, validación y aplicación de instrumentos

Al igual que la fase anterior el diseño, aplicación y ajuste de los instrumentos se contempla en varias etapas del diseño metodológico, puesto que la validación de estos es imprescindible para garantizar su pertinencia. Los instrumentos que se aplican durante esta fase se relacionan a continuación.

Formato de resumen analítico especializado (RAE). El formato se construye a partir de la sistematización de las variables independientes y dependientes objeto de análisis, ver Anexo E. Es aplicado durante la búsqueda y revisión bibliográfica, permitiendo recopilar información documental pertinente e importante relacionada con los factores estratégicos que las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo han tenido como elementos de referencia durante la implantación de un sistema de gestión de seguridad de procesos, ver Anexo F.

El instrumento es sometido por parte del autor a varias aplicaciones, revisiones y ajustes para su validación, buscando que dé respuesta a la pregunta problema. Los macro-temas que se contemplan se especifican en el mismo formato el cual se encuentra en el Anexo F.

Cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión de seguridad de procesos en la industria de los hidrocarburos. Este cuestionario se aplica en una sola sesión a un grupo de profesionales de diversas disciplinas que laboran en el sector petrolero, con el fin de recoger principalmente sus expectativas, ver Anexo G. La información obtenida se constituye en un insumo importante a considerar durante el diseño de la guía metodológica, entregable del estudio.

Entrevista sobre caracterización de organizaciones del sector petrolero en latinoamérica. La entrevista se contempla como alternativa, siempre y cuando la información documental que se obtenga mediante la revisión bibliográfica no permita dar respuesta a la pregunta problema del trabajo de investigación.

El cuestionario de entrevista se aplica a un grupo de profesionales expertos representantes de países de latinoamérica de diversas disciplinas que laboran en el sector petrolero, ver Anexo H. Para la validación del instrumento y los resultados se aplica la técnica Delphi, la cual según Cuesta (2013) «es una técnica útil para validación de instrumentos que se enmarca en el enfoque cualitativo» (p. 137-139). El ejercicio se realiza en los siguientes términos: a partir de conocimientos previos del autor de la investigación, materializado entre otras cosas a través formato de resumen analítico especializado (RAE), se diseña y afina el formato de entrevista, se realiza la entrevista en una sesión a los profesionales expertos del sector, y de hallarse discrepancias superiores al 25% en el global de las respuestas, se realizan ajustes hasta validar el instrumento y las respuestas.

Se espera que la información que se obtenga ratifique o valide los factores estratégicos de las organizaciones del sector petrolero, así como, su caracterización.

Fase III, sistematización de hallazgos y análisis de los resultados obtenidos

> La sistematización es un acto de conocimiento ligado a una experiencia práctica. Como acto de conocimiento pretende explicaciones científicas sobre los acontecimientos, es decir, se plantea como una modalidad de investigación […]. No obstante, [es una] actividad

> de conocimiento en la ciencias sociales, [que] alude frecuentemente al uso extendido del computador y sus aplicaciones en las actividades humanas (Zapata, 1996 citado por González, 2015, p. 1).

La información que se obtiene por medio de la aplicación de los instrumentos son los resultados que posteriormente son sistematizados y analizados. Estos una vez sistematizados, por medio del uso de tablas, gráficas, etc., se interpretan bajo la óptica de la pregunta de investigación, permitiendo aportar información pertinente e importante para los objetivos de la investigación.

A partir de la aplicación del formulario de resumen analítico especializado (RAE) y los resultados obtenidos, o en su defecto la entrevista a expertos del sector, se realiza la sistematización de los hallazgos y análisis de los mismos con el fin de validar los factores estratégicos de las organizaciones dedicadas a producir petróleo que influyen en la implantación efectiva de un sistema de gestión de seguridad procesos basada en riesgos, así como, los requisitos del modelo aplicables a las organizaciones de este sector en Colombia.

Adicionalmente, como parte de la sistematización y análisis se incluyen los resultados de la encuesta que permitirán consolidar las expectativas de los profesionales participantes y constituyen un insumo importante para la elaboración de la guía metodológica entregable del trabajo de investigación.

Fase IV, determinación de los factores organizacionales de compañías del sector petrolero y caracterización del proceso de producción

Durante esta fase se pretende identificar los factores estratégicos organizacionales que influyen durante el proceso de implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos. Por tanto, es necesario identificar las variables independientes y dependientes del trabajo de investigación, que se realiza por medio de un ejercicio de lluvia de ideas que realiza y afina el propio investigador a partir de su conocimiento y experiencia en el sector en cuestión y, ver Anexo E. Los factores propuestos son posteriormente validados a través de la

aplicación de los instrumentos, los cuales permiten la obtención de resultados que finalmente son sistematizados y analizados.

Complementariamente, como lo indica Torres (2020) «la caracterización permite controlar los procesos organizacionales, a través de la comprensión de su objetivo y los elementos esenciales. Los elementos que conforman la caracterización del proceso son: identificación del proceso, responsable, cargo, cliente del proceso, propósito del proceso, entradas, salidas, actividades, recursos requeridos, control e indicadores de gestión» (1, 2).

En el caso que durante la revisión bibliográfica se obtenga poca información que haga referencia a los factores estratégicos que influyan en la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos para el sector objeto de análisis, el autor contempla el diseño de una entrevista a expertos que actualmente laboran en el sector de interés.

Fase V, adaptación de los requisitos del RBPS al contexto colombiano

La etapa de adaptación de los requisitos es fundamental para garantizar que los requisitos implantados sean pertinentes al contexto nacional y al sector objeto de estudio, de tal manera que contribuyan al logro de los objetivos y metas de las organizaciones, así como, a la prevención de los accidentes mayores.

Para llevar a cabo esta fase del trabajo de investigación, se parte del hecho que la norma es adaptable a cualquier sector que involucre procesos industriales, y por otro lado, que a través de los elementos que la conforman se establecen los requisitos mínimos necesarios para dar cumplimiento con la misma, es decir, el ¿Qué?; sin embargo, el ¿Cómo?, en consecuencia, la adaptación de los requisitos, cada organización lo define desde su experiencia y estrategia, aspecto que se materializa a través de la guía propuesta como entregable del trabajo de investigación.

La guía metodológica se realiza bajo el ciclo P-H-V-A, un análisis de contexto del sector objeto de estudio, donde se referencian los factores estratégicos propuestos en el presente

trabajo, así como, las directrices del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos.

Técnicas de recolección de la información

> Las técnicas de recolección de los datos pueden ser múltiples. [Para el caso específico de] los estudios cualitativos [las técnicas de recolección pueden contemplar]: entrevistas a profundidad, pruebas proyectivas, cuestionarios abiertos, sesiones de grupos, biografías, revisión de archivos, observación participante, entre otros […]. La recolección de datos resulta fundamental, solamente que su propósito no es medir variables para llevar a cabo inferencias y análisis estadístico. Lo que se busca en un estudio cualitativo es obtener datos (que se convertirán en información) de personas, otros seres vivos, comunidades, situaciones o procesos en profundidad; en las propias "formas de expresión" de cada unidad de muestreo» (Hernández et al., 2018, p. 15, 443).

Las técnicas de recolección de información que se aplican en el presente estudio de investigación son:

- Búsqueda y revisión bibliográfica,
- Aplicación de cuestionario por oportunidad a profesionales de diversas disciplinas que laboran en el sector petrolero, y
- Entrevista por oportunidad a profesionales expertos del sector en cuestión.

Instrumentos de recolección de la información

Tal como se ha indicado durante el desarrollo de la Fase II, se incluyó el diseño, validación y aplicación de los instrumentos para la recolección de la información, a partir de la búsqueda y revisión bibliográfica, así como, la realización del cuestionario y la entrevista a profesionales expertos que laboran en el sector petrolero. En síntesis, los instrumentos que se usan para la recopilación de la información desde las fuentes primarias y secundarias son:

- Formulario de resumen analítico especializado (RAE),
- Formato de cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión de la seguridad de procesos en el sector petrolero, y

- Formato de caracterización de organizaciones del sector petrolero en Latinoamérica.

Cronograma, recursos y presupuesto

Cronograma

Las actividades realizadas para llevar a cabo el estudio de investigación se relacionan en la Tabla 5.

Tabla 5

Cronograma de actividades

Actividad	***Tiempo Estimado***																																			
	2020																				***2021***															
	Agosto				***Septiembre***				***Octubre***				***Noviembre***				***Diciembre***				***Enero***				***Febrero***				***Marzo***				***Abril***				***Mayo***			
	Semanas				***Semanas***				***Semanas***				***Semanas***				***Semanas***				***Semanas***				***Semanas***				***Semanas***				***Semanas***				***Semanas***			
	1	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***	***1***	***2***	***3***	***4***
1. Búsqueda Bibliográfica, Estudios Antecedentes y Estudios de Caso																																								
2. Depuración de la Bibliografía																																								
3. Introducción y Definición del Problema																																								
3.1 Definición del Problema																																								
3.2 Elaboración de la Introducción																																								

Actividad	Tiempo Estimado																																							
	2020																				2021																			
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
3.3 Definición de la Justificación																																								
3.4 Planteamiento del Problema																																								
3.5 Definición de la Pregunta de Investigación																																								
3.6 Definición de Objetivos																																								
3.7 Digitalización del Documento y Primera Entrega																																								
4. Categorías, Estudios Antecedentes, Marco legal, Marco Conceptual y Marco Teórico																																								
4.1 Definición de Categorías del Estudio																																								
4.2 Búsqueda y Definición de Estudios Antecedentes																																								
4.3 Delimitación del Marco Teórico																																								
4.4 Delimitación del Marco Legal																																								
4.5 Delimitación del Marco Conceptual																																								
4.6 Digitalización del Documento Segunda Entrega y Ajustes																																								
5. Definición del Cronograma, Recursos y Presupuesto																																								
5.1 Definición del Cronograma																																								
5.2 Identificación de los Recursos Requeridos																																								
5.3 Definición del Presupuesto																																								
5.4 Digitalización del Documento Tercera Entrega y Ajustes																																								

Actividad	Tiempo Estimado																																			
	2020																				2021															
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6. Diseño Metodológico de la Investigación																																								
6.1 Definición del Tipo de Estudio																																								
6.2 Definición de la Población y Muestra de la Investigación																																								
6.3 Definición del Paradigma y Método de Investigación																																								
6.4 Diseño de la Investigación																																								
6.4.1 Fase I - Búsqueda y revisión bibliográfica																																								
6.4.2 Fase II - Diseño, validación y aplicación de instrumentos																																								
6.4.3 Fase III - Sistematización de hallazgos y análisis de los resultados obtenidos																																								
6.4.4 Fase IV - Caracterización del proceso de producción y determinación de los factores organizacionales de compañías del sector petrolero																																								
6.4.5 Fase V - Adaptación de los requisitos del RBPS al contexto colombiano																																								
6.5 Digitalización del Documento Cuarta Entrega y Ajustes																																								
7. Conclusiones y Recomendaciones																																								
7.1 Conclusiones y Recomendaciones																																								

Actividad	*Tiempo Estimado*																																							
	2020																				*2021*																				
	Agosto				*Septiembre*				*Octubre*				*Noviembre*				*Diciembre*				*Enero*				*Febrero*				*Marzo*				*Abril*				*Mayo*			
	Semanas				*Semanas*				*Semanas*				*Semanas*				*Semanas*				*Semanas*				*Semanas*				*Semanas*				*Semanas*				*Semanas*			
	1	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*
7.2 Digitalización del Documento Quinta Entrega y Ajustes																																								
8. Elaboración de Presentación y Sustentación																																								
8.1 Elaboración de Presentación																																								
8.2 Sustentación																																								
8.3 Entrega del Documento Final y Ajustes																																								
9. Trámites y Diligencias para Proceso de Graduación																																								

Fuente: Autor

Recursos y presupuesto

Los recursos y presupuesto requeridos para llevar a cabo el estudio de investigación se relacionan desde las Tabla 6 a la Tabla 8.

Tabla 6

Recurso humano

Recurso Humano	***Cantidad***
Estudiante Especialización en Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	*1*
Director del Trabajo Propuesto	*1*
Evaluadores	*2*
Consultor Experto (Cursos)	*2*
Total	*4*

Fuente: Autor

Tabla 7

Recursos de infraestructura y tecnológicos

Recursos Tecnológicos	***Cantidad***
Puesto de Trabajo	*6 Hrs/Día*
Equipos de Computo	*6 Hrs/Día*
Energía, Telefonía e Internet	*6 Hrs/Día*

Fuente: Autor

Tabla 8

Recursos económicos

Concepto	***Fuente de Financiación***		***Valor Total ($)***
	Estudiante ($)	***Universidad ($)***	
Gasto de Personal	*32.000.000*	*8.000.000*	*40.000.000*
Gasto Cursos RBPS	*1.500.000*	*0*	*1.500.000*
Gastos de Infraestructura y Tecnológicos	*1.000.000*	*0*	*1.000.000*
Total	*34.500.000*	*8.000.000*	*42.500.000*

Fuente: Autor

Resultados obtenidos, sistematización y análisis

Resultados obtenidos

Los resultados que se relacionan en este apartado corresponden a los obtenidos durante la aplicación de los instrumentos diseñados, tales como el formato de resumen analítico especializado (RAE), en el cual se contemplan aspectos relacionados con la revisión bibliográfica que finalmente apoyan el presente trabajo de investigación, así como, los resultados del cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión de seguridad de procesos en la industria de los hidrocarburos que soportan la elaboración de la guía metodológica objeto del presente trabajo de investigación.

Por otro lado, y debido a que durante la búsqueda de las fuentes secundarias para aplicación del Formato de resumen analítico especializado – RAE, no se logró encontrar información relevante y pertinente que permitiera caracterizar a las organizaciones del sector petrolero, y establecer la relación entre los factores estratégicos de las organizaciones del sector petrolero, con respecto a la influencia que estos ejercen sobre la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, se optó alternativamente por obtener esta información a partir de fuentes primarias por oportunidad. Con este propósito se diseñó un formato de entrevista como instrumento, ver Anexo H, el cual se aplicó por oportunidad a cinco (5) expertos con amplia experiencia en el sector petrolero, así como, amplio conocimiento y experiencia en la implantación de sistemas de gestión de seguridad de procesos y en especial RBPS.

Resultados obtenidos del formato de resumen analítico especializado (RAE)

El formato de resumen analítico especializado (RAE) adjunto en el Anexo F, fue diseñado con el objeto de alcanzar el objetivo del presente trabajo de investigación y recopilar la información producto de la revisión bibliográfica en fuentes secundarias tales como libros de autor, capítulos de libro, artículos de revista, artículos de memorias, estudios antecedentes, entre otros, así como, facilitar el procesamiento de la documentación recopilada, a partir de algunos criterios establecidos con el fin de apoyar la respuesta a la pregunta problema del trabajo.

Los criterios de búsqueda de información y recopilación bibliográfica que se contemplaron inicialmente fueron los aspectos específicos alineados con el objetivo principal del presente trabajo de investigación, los cuales incluyen la articulación de los factores estratégicos organizacionales y la implementación de los requisitos del RBPS, aspectos que influyen dentro de este proceso y son catalogados dentro del estudio como las variables independientes, intervinientes y dependientes. Los primeros, hacen referencia a los aspectos estratégicos organizacionales que caracterizan a las compañías propias del sector petrolero, y los segundos, los requisitos o elementos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, más conocido como RBPS por sus siglas en inglés, referente fundamental de este estudio y que ya ha sido definido por parte del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos, conocido como CCPS por sus siglas en inglés. Igualmente, fue necesario limitar el año de edición del documento a un máximo de seis (6) años.

Por otro lado, en la medida en que el estudio fue avanzando fue necesario incorporar otros elementos que habían sido descartados desde el inicio con el fin de para ampliar las opciones de búsqueda, debido a lo escaso de la información disponible en plataformas de acceso gratuito no restringido sobre la temática específica. Elementos tales como el idioma del documento, el tipo de documento, las temáticas o macro-temas a que hace referencia, las metodologías PSM mayormente citadas, la etapa de aplicación del ciclo de vida del proyecto y la operación misma desarrollada. Este fue un aspecto que limitó significativamente el acceso y disponibilidad de la información de consulta, y así mismo, el desarrollo del trabajo de investigación en razón a que las plataformas donde se dispone de gran parte de esta, son de

carácter privado por lo cual se debe cancelar un valor económico por hacerse miembro durante un mes, un semestre o un año, recursos con los cuales el autor no dispuso.

La búsqueda de información se realizó haciendo uso de algoritmos, palabras claves, buscadores "booleanos", en idioma español e inglés, referencias bibliográficas de documentos usados, entre otros. La mayor parte de producción científica se encuentra en idioma inglés, sin embargo, en su gran mayoría son de acceso pago. Las plataformas o buscadores usados para consultar y recopilar la información son principalmente las siguientes, ver Tabla 9:

- Google, búsquedas de documentos en general que contempla la revisión de 1650 documentos durante el periodo de desarrollo de la investigación, sin embargo, los documentos relacionados con la temática del trabajo y los criterios de búsqueda son 23,
- Google académico, búsquedas de carácter académico que contempla la revisión de 367 documentos, sin embargo, los documentos relacionados con la temática son 2,
- Mendeley, cuenta especializada donde se identifican 109 artículos que cumplen los criterios de búsqueda, sin embargo, muchos están ligados a páginas donde finalmente se debe pagar para tener acceso al documento, por lo cual se tiene acceso a 2,
- Redalyc, cuenta especializada con artículos de varias universidades, se encuentran 52 artículos, sin embargo, un artículo tiene relación con los criterios de interés, y
- ScienceDirect, sus publicaciones van acompañadas de la marca Elsevier, búsqueda de artículos especializados, sin embargo, la disponibilidad de esta información es limitada para cuentas de acceso gratuito, por lo cual se revisaron 30 documentos, y no hubo artículos relacionados con la temática de investigación.

Tabla 9

Documentos obtenidos en plataformas infográficas

Plataforma	***# de documentos***	***# de documentos en RAE***
Google	*1650*	*23*
Google académico	*367*	*2*
Mendeley	*109*	*2*
Redalyc	*52*	*1*
ScienceDirect	*30*	*0*

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos de este proceso de búsqueda y revisión bibliográfica se relacionan a continuación por secciones, siguiendo la estructura del formato-formulario de resumen analítico especializado (RAE) aplicado.

Sección 1, información general del documento. Esta primera sección tuvo por objeto recopilar información del documento, tal como título, autor, año de elaboración y editorial. Se prestó especial atención al tipo de documento, que consistió principalmente en fuentes de tipo secundario tales como libros de autor, capítulos de libro, artículos de revista, artículos de memorias, estudios antecedentes, entre otros, así como, el idioma del documento. Igualmente, fue necesario limitar el año de edición del documento a un máximo de seis (6) años con el fin de garantizar vigencia de la información.

Tabla 10

Fuentes de información documental

Tipo de documento:	***Libro de Autor***	*0*	***Capítulo de libro***	*0*
	Artículo de revista	*4*	***Artículo de memorias***	*2*
	Tesis de grado	*9*		
	Otro:			*13*

Fuente: Autor

En la Tabla 10, se muestra la distribución de los tipos de fuentes de información secundaria consultadas y llevadas al RAE, un total de 28 documentos.

En la Tabla 11, se muestra la distribución de las fuentes de información secundaria recopilada de acuerdo al idioma de este. Aunque la mayor parte de producción científica sobre el tema de investigación se encuentra en idioma inglés, en su gran mayoría son de acceso pago

Tabla 11

Idioma original del documento

Idioma:	***Español***	*22*	***Inglés***	*6*
	Otro:			*0*

Fuente: Autor

Sección 2, contenido. La segunda sección tuvo por objeto trabajar entorno a los cuatro

(4) macro-temas del marco teórico que se identificaron como objeto del trabajo. Estas temáticas son el referente principal del trabajo de investigación, puesto contribuyen al cumplimiento del objetivo del trabajo, estos son:

- Factores estratégicos de las organizaciones que producen petróleo en Colombia,
- Seguridad de procesos basada en riesgos,
- Legislación y normas de buenas prácticas de la industria en seguridad de procesos, y
- Estudios antecedentes.

De acuerdo con la revisión bibliográfica, en la Tabla 12 se muestra el número de documentos relacionados con las temáticas referidas. Es importante aclarar que algunos documentos consultados contemplan varias temáticas, así como otros temas relacionados, por esta razón la sumatoria es más alta que el número real de documentos consolidados en RAE.

Tabla 12

Documentos bibliográficos relacionados con los macro-temas objeto del estudio

Macro-tema	***Macro-temas del marco teórico***	***# de documentos***
Macro-tema 1	*Factores estratégicos de las organizaciones que producen petróleo en Colombia*	*2*
Macro-tema 2	*Seguridad de procesos basada en riesgos*	*18*
Macro-tema 3	*Legislación y normas de buenas prácticas de la industria en seguridad de procesos*	*2*
Macro-tema 4	*Estudios antecedentes*	*4*
Macro-tema 5	*Otra*	*23*

Fuente: Autor

Sección 3, metodologías de gestión de riesgos de proceso de organismos internacionales. Esta sección del formulario RAE al inicio de la revisión bibliográfica no se había incluido, sin embargo, en la medida en que el trabajo se avanzaba se identificó la necesidad incorporarla debido a la poca información disponible respecto al tema del trabajo en las fuentes consultadas, esto con el fin de contar con un insumo mayor, y de esta forma lograr mejorar el aporte de las experiencias relacionadas con la implementación de los sistemas de gestión de procesos que a la larga tienen la misma finalidad, prevenir la ocurrencia de accidentes mayores en las plantas de procesos industriales.

En la Tabla 13, se relacionan los resultados obtenidos.

Tabla 13

Documentos bibliográficos relacionados con las metodologías de seguridad de procesos

	Metodología		***# de documentos***
Reglamentarias	*US OSHA – EPA*		*7*
	Directiva seveso III		*1*
	COMAH UK HSE		*0*
	NOM-028-STPS-2012 México		*1*
	Otra:		*1*
	No		*21*
Normas de buenas prácticas de la industria	*RBPS – CCPS*		*6*
	Energy Institute UK		*1*
	API RP 75		*0*
	OGP – IPIECA		*2*
	Otra:		*21*
	No		*4*

Fuente: Autor

Otro aspecto contemplado en esta sección corresponde al relacionado en la Tabla 14, referente a los documentos que hacen referencia a la etapa del ciclo de vida del proyecto, facilidad o el activo donde se incorporado algún tipo de metodología de gestión de riesgos de procesos industriales. Aspecto que llega a ser de mucha importancia en la etapa de ejecución y operación, sin embargo, se debería concebir desde la misma etapa de evaluación de alternativas, selección y definición.

Tabla 14

Documentos bibliográficos relacionados con la etapa de aplicación de las metodologías de seguridad de procesos

Etapa de aplicación	*Evaluación*	*1*	*Selección*	*1*	*Definición*	*2*
	Ejecución	*2*	*Operación*	*25*	*Decomisionamiento*	*0*
	Abandono	*0*	***Otra:***	*1*	*No*	*2*

Fuente: Autor

Por otro lado, esta sección finaliza haciendo referencia al tipo de operación, considerada esta como la actividad específica en la que se contempla la implementación del sistema de

gestión de procesos, y que va ligada generalmente a la etapa de aplicación indicada en la Tabla 14. La información obtenida sobre este criterio se relaciona en la Tabla 15.

Tabla 15

Documentos bibliográficos relacionados con la actividad u operación

Operación	*Exploración*	*0*	*Perf & comp pozos*	*1*	*Intervención pozos*	*0*
	Const. facilidades	*1*	*Prod. & matto*	*18*	*Transf. Custodia*	*0*
	Refin. & petroq.	*8*	***Otra:***	*20*	*No*	*2*

Fuente: Autor

Sección 4, articulación de los factores estratégicos y la implementación de los requisitos del RBPS. En esta sección se incorporan los criterios de búsqueda de información y recopilación bibliográfica que se contemplaron desde el inicio del trabajo de investigación, y son los aspectos específicos alineados con los objetivos de este trabajo, los cuales incluyen la articulación de los factores estratégicos organizacionales y la implementación de los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos - RBPS, aspectos que se interrelacionan durante la implementación, más conocidos dentro del área de la investigación como variables independientes (causa) y variables dependientes (efecto). Los primeros, hacen referencia a los aspectos estratégicos organizacionales que caracterizan a las compañías propias del sector petrolero, y los segundos, los requisitos o elementos del sistema de gestión, más conocido como RBPS por sus siglas en inglés. Igualmente, fue necesario limitar el año de edición del documento a un máximo de seis (6) años.

En la Tabla 16 se relacionan los factores estratégicos organizacionales contemplados dentro del estudio, como resultado de una lluvia de ideas realizada por el autor, así como, el número de estudios en los que estos factores son considerados para el proceso de implementación de un RBPS.

Tabla 16

Documentos bibliográficos relacionados con los factores estratégicos organizacionales

Variables Independientes	***Factores estratégicos organizacionales***					***No***
	Dominio:	*Internacional*	*0*	*Nacional*	*1*	*27*
		Regional	*0*	*Local*	*0*	

	Participación:	*Privada*	*1*	*Estatal*	*0*	*Mixta*	*0*	*27*
	Estilo:	*Vertical*	*1*	*Horizontal*	*0*	*Circular*	*0*	*27*
	Producción de petróleo (BPD):			*<1.000*	*0*	*1.001-10.000*	*0*	*28*
	10.001-100.000		*0*	*100.001-1.000.000*	*0*	*>1.000.000*	*0*	
	Clase de petróleo (ºAPI):			*Extrapesado (<10)*	*0*	*Pesado (10-15)*	*0*	*28*
				Intermedio (15-25)	*0*	*Liviano (>25)*	*0*	
	Tamaño (# trabajadores):			*1-10*	*0*	*11-50*	*0*	*27*
				51-500	*0*	*501-5.000*	*1*	
	Madurez (# años de experiencia):			*Nueva (<1)*	*0*	*Poca (1-5)*	*0*	*27*
				Media (6-10)	*0*	*Mucha (>10)*	*1*	
	Implementación (%)			*1-25*	*0*	*26-50*	*0*	*28*
				51-75	*0*	*76-100*	*0*	
	Accidentalidad (# eventos/año)			*0-5*	*0*	*6-10*	*0*	*28*
				11-20	*0*	*>20*	*0*	
	Filosofía operacional:	*Predictiva*	*0*	*Preventiva*	*1*	*Correctiva*	*0*	*27*
	Otro:						*0*	*28*

Fuente: Autor

Finalmente, esta sección termina relacionando los requisitos que conforman el sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, el cual está conformado por en cuatro (4) pilares y veinte (20) requisitos para la implementación de este sistema. La Tabla 17 relaciona estos requisitos, los cuales dentro del estudio son catalogados como variables dependientes, así como, el número de estudios en los que estos elementos son considerados para la implementación de un sistema de gestión de procesos.

Tabla 17

Documentos bibliográficos relacionados con los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basado en riesgos

	Pilares RBPS	***Requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos-RBPS***	***# de documentos***
Variables Dependientes	***Compromiso con la seguridad de procesos:***	*(1) Cultura de la seguridad de procesos*	*19*
		(2) Cumplimiento de estándares	*21*
		(3) Competencia en seguridad de procesos	*22*
		(4) Involucramiento de trabajadores	*22*
		(5) Alcance a partes interesadas	*19*
	Comprensión de peligros y riesgos:	*(6) Gestión del conocimiento del proceso*	*22*
		(7) Identificación de peligros y análisis de riesgos	*24*
	Gestión del riesgo:	*(8) Procedimientos operativos*	*22*
		(9) Prácticas de trabajo seguro	*22*
		(10) Integridad y confiabilidad de facilidades	*20*

		(11) Gestión de contratistas	*20*
		(12) Aseguramiento del entrenamiento y desempeño	*21*
		(13) Gestión del cambio	*19*
		(14) Preparación operacional	*20*
		(15) Ejecución de operaciones	*19*
		(16) Gestión de emergencias	*23*
	Aprendizaje a partir de la experiencia:	*(17) Investigación de incidentes*	*22*
		(18) Medición e indicadores	*21*
		(19) Auditorías	*20*
		(20) Revisión de la gestión y mejoramiento continuo	*21*
	Otro:		*19*
	No		*9*

Fuente: Autor

Sección 5, aspectos finales. El formulario RAE en la sección final incluye el resumen, introducción y comentarios del investigador. Debido a lo extenso de esta información se incluye en el Anexo J, por otro lado, las notas y comentarios más relevantes de este se incluyen en el análisis de resultados.

Resultados obtenidos en el cuestionario

El modelo de cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión de seguridad de procesos en la industria de los hidrocarburos, diseñado y realizado por oportunidad a un grupo de profesionales de varias áreas del conocimiento que laboran en el sector petrolero, y que se incluye en el Anexo G, fue corrido durante los meses de febrero y marzo del año 2021, con el fin de conocer las expectativas de estos profesionales para la elaboración de la guía metodológica entregable de este trabajo.

A pesar, que el cuestionario fue compartido a más de 50 profesionales que laboran en el sector petrolero, se contó con la respuesta de 23 de ellos. La caracterización de la población participante y el nivel de conocimiento de estos en cuanto a los sistemas de gestión de seguridad de procesos existentes, se compilan a continuación siguiendo la estructura del formulario de cuestionario aplicado.

Sección 1, información general de los participantes. La primera sección del cuestionario realizado fue denominada “Información general de los participantes”, y tuvo como finalidad, caracterizar a la población de profesionales que apoya el desarrollo del cuestionario. A continuación, se detallan los aspectos que hicieron parte de esta sección, tales como profesión, especialidad y experiencia, esta última considerada a partir de diferentes criterios.

En la Tabla 18, se relaciona la profesión base a la cual pertenece la población participante por oportunidad.

Tabla 18

Profesión base vs número de profesionales

Profesión base	***# de profesionales***
Ingeniería de petróleos	*17*
Ingenieros químicos	*2*
Ingenieros industriales	*2*
Ingenieros mecánicos	*1*
Químicos puros	*1*

Fuente: Autor

En la Tabla 19 se muestra el número de profesionales participantes que cuentan con algún tipo de estudio de post-grado.

Tabla 19

Estudios de post-grado de los profesionales participantes

Post-grado	***# de participantes***
Si	*17*
No	*6*

Fuente: Autor

En la Tabla 20 se relaciona los estudios de post-grado realizados por parte de los profesionales participantes.

Tabla 20

Especialidad de post-grado vs número de profesionales

Especialidad del post-grado	***# de profesionales***
HSEQ	*5*
Gerencia de hidrocarburos	*5*
Gerencia de proyectos	*4*
Alta gerencia	*2*
PSM	*1*
Sin especialidad	*6*

Fuente: Autor

En la Tabla 21 se relaciona la respuesta a la pregunta: ¿Ha laborado en el sector hidrocarburos?, como se observa, la respuesta de los 23 profesionales que participaron en el cuestionario fue "Si".

Tabla 21

Personal que ha laborado en el sector petrolero

Sector petrolero	***# de participantes***
Si	*23*
No	*0*

Fuente: Autor

Tabla 22

Experiencia de los participantes en términos de los tipos de hidrocarburos producidos

Hidrocarburo	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Gas Natural	*(6)*	*(3)*	*(3)*	*(3)*	*(1)*	*(7)*
Petróleo (>=15 ºAPI)	*(1)*	*(5)*	*(11)*	*(4)*	*(0)*	*(2)*
Crudo pesado (10-15 ºAPI)	*(4)*	*(9)*	*(5)*	*(1)*	*(0)*	*(4)*
Crudo extrapesado (<=10 ºAPI)	*(8)*	*(3)*	*(0)*	*(1)*	*(0)*	*(11)*
Otro	*(1)*	*(1)*	*(0)*	*(1)*	*(0)*	*(20)*

Fuente: Autor

En la Tabla 22 se relaciona la experiencia de los profesionales participantes en términos

de los tipos de hidrocarburos tratados en las facilidades de producción donde han laborado.

En la categoría considerada como “otro”, hace referencia en un caso a actividades de soporte logístico en operaciones costa afuera, en un caso a operaciones geotermales y en un caso a las operaciones de transporte y construcciones.

En la Tabla 23 se relaciona la experiencia en términos del tipo de compañía u organización en la cual se ha vinculado los profesionales participantes.

Tabla 23

Experiencia en términos del tipo de compañía u organización

Compañía	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Servicios	*(5)*	*(7)*	*(6)*	*(2)*	*(0)*	*(3)*
Operadora	*(3)*	*(2)*	*(12)*	*(2)*	*(1)*	*(3)*
Gubernamental	*(2)*	*(0)*	*(0)*	*(0)*	*(0)*	*(21)*
Institución educativa	*(4)*	*(1)*	*(1)*	*(0)*	*(0)*	*(17)*
Otra	*(0)*	*(2)*	*(0)*	*(0)*	*(0)*	*(21)*

Fuente: Autor

En la categoría considerada como “otra”, se contempla en un caso a las compañías de soporte logístico y en un caso a las compañías consultoras.

En la Tabla 24 se relaciona la experiencia en términos de la actividad específica que ha desempeñado el profesional participante.

Tabla 24

Experiencia en términos de la actividad específica que ha desempeñado el profesional

Actividad	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Exploración	*(7)*	*(1)*	*(2)*	*(2)*	*(0)*	*(10)*
Perforación, completamiento y/o servicios	*(4)*	*(4)*	*(5)*	*(6)*	*(0)*	*(4)*
Intervención y servicios a pozos	*(5)*	*(6)*	*(5)*	*(2)*	*(0)*	*(5)*

Construcción de facilidades de producción	*(3)*	*(3)*	*(3)*	*(0)*	*(0)*	*(14)*
Operaciones de producción, mantenimiento y tratamiento químico	*(3)*	*(4)*	*(3)*	*(2)*	*(1)*	*(10)*
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización	*(2)*	*(3)*	*(1)*	*(1)*	*(0)*	*(16)*
Operaciones de refinación y petroquímica	*(2)*	*(2)*	*(0)*	*(0)*	*(0)*	*(19)*
Otra	*(1)*	*(2)*	*(0)*	*(0)*	*(0)*	*(20)*

Fuente: Autor

En la categoría considerada como "otra", hace referencia en un caso a las actividades de soporte logístico, en un caso a las actividades de integridad de pozos y en un caso a las actividades de consultoría.

En la Tabla 25 se relaciona la experiencia en términos de los procesos organizacionales en los que han laborado los profesionales participantes.

Tabla 25

Experiencia en términos de los procesos organizacionales en los que han laborado los profesionales

Categoría	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Administrativos y estratégicos	*(4)*	*(4)*	*(2)*	*(1)*	*(0)*	*(12)*
Operativos y propios del negocio	*(4)*	*(2)*	*(8)*	*(5)*	*(1)*	*(3)*
Soporte (RRHH, HSEQ, PSM, Mtto, etc)	*(2)*	*(1)*	*(4)*	*(1)*	*(1)*	*(14)*
Otra	*(1)*	*(1)*	*(1)*	*(0)*	*(0)*	*(20)*

Fuente: Autor

En la categoría considerada como "otra", hace referencia en un caso con actividades de soporte logístico en operaciones costa afuera, en un caso con actividades de transporte de petróleo y en un caso con actividades de consultoría.

Sección 2, gestión de los riesgos de procesos industriales (PSM). La segunda sección del formulario del cuestionario denominada "Gestión de los riesgos de procesos industriales (PSM)", tuvo por objeto levantar información acerca del nivel de conocimiento por parte de los participantes en cuanto a los sistemas de gestión de seguridad de procesos existentes. Los accidentes asociados con los procesos industriales como se ha indicado en los capítulos previos, están relacionados con la pérdida de contención, o liberación accidental de sustancias químicas, entre las que se encuentran los hidrocarburos, así como, las manifestaciones de le energía que los acompaña. Los escenarios posibles son: nubes tóxicas, derrames, incendio y/o explosión. Las metodologías consideradas dentro del cuestionario son:

- US OSHA y EPA - Es el PSM de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional y la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América,
- RBPS - CCPS - Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos de Estados Unidos de América,
- Energy Institute UK - Marco de Referencia para la Gestión de la Seguridad de Procesos del Instituto de Energía del Reino Unido,
- Directiva Seveso III - Directiva para la Gestión de la Seguridad de Procesos aplicable a la Comunidad Europea en su tercera versión, y
- API RP 75 - Práctica Recomendada para el Desarrollo de un Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental para Operaciones y Facilidades Costa Afuera.

En la Tabla 26 se muestra el número de los profesionales participantes que ha tenido la oportunidad de conocer algún sistema de gestión de seguridad de procesos (Process Safety Management - PSM) para gestionar los riesgos de los procesos industriales.

Tabla 26

Profesionales participantes que tienen conocimiento de algún sistema de gestión de seguridad de procesos

Conocimiento PSM	***# de participantes***
Si	*20*
No	*3*

Fuente: Autor

En la Tabla 27 se relaciona el nivel de conocimiento de algunas de las metodologías PSM por parte de los profesionales participantes. Se indican en una escala de 1 a 5, donde 1 es el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

Tabla 27

Conocimiento de algunas de las metodologías de seguridad de procesos

Metodología	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
PSM (US OSHA - EPA)	*(6)*	*(5)*	*(4)*	*(6)*	*(2)*
RBPS - CCPS	*(13)*	*(3)*	*(2)*	*(4)*	*(1)*
Energy institute - UK	*(15)*	*(4)*	*(1)*	*(2)*	*(1)*
Directiva seveso III	*(15)*	*(4)*	*(2)*	*(2)*	*(0)*
API RP 75	*(8)*	*(5)*	*(3)*	*(4)*	*(3)*
Otra	*(20)*	*(0)*	*(0)*	*(3)*	*(0)*

Fuente: Autor

En la categoría considerada como “otra”, se indicó en un caso el “Sistema integrado de gestión (ISM)”, en un caso el “OGP & OVMS” y en un caso hizo referencia a “Varias metodologías propias de empresas privadas de Oil & Gas”.

En la Tabla 28 se relaciona el nivel de importancia y pertinencia de las metodologías de seguridad de procesos de acuerdo con las actividades de la industria de los hidrocarburos, en una escala de 1 a 5, donde 1 es el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

Tabla 28

Importancia para implementación de metodologías de seguridad de procesos por actividad del sector petrolero

Actividad	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
Exploración	*(2)*	*(2)*	*(0)*	*(3)*	*(16)*
Perforación, completamiento y/o servicios	*(0)*	*(0)*	*(1)*	*(4)*	*(18)*
Intervención y servicios a pozos	*(0)*	*(1)*	*(1)*	*(3)*	*(18)*
Construcción de facilidades de producción	*(1)*	*(0)*	*(1)*	*(2)*	*(19)*
Operaciones de producción, mantenimiento y tratamiento químico	*(0)*	*(0)*	*(1)*	*(5)*	*(17)*
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización	*(0)*	*(1)*	*(1)*	*(5)*	*(16)*

Actividad	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Operaciones de refinación y petroquímica	*(0)*	*(0)*	*(0)*	*(1)*	*(22)*
Otra	*(18)*	*(0)*	*(0)*	*(0)*	*(5)*

Fuente: Autor

En la categoría considerada como "otra", se indicó uno en actividades de "Operaciones de soporte logístico marítimo", uno en "Barcos para operaciones costa afuera", uno en "Operaciones costa afuera especialmente en ingeniería submarina", uno en "Cualquier tipo de industria" y uno especificó "Todas las actividades relacionadas con producción y manejo de gas".

Por otro lado, en la Tabla 29 se indica por parte de los participantes la metodología que consideran más apropiada para la gestión de los riesgos de procesos industriales para cada una de las actividades del sector petrolero consideradas.

Tabla 29

Metodología para la gestión de los riesgos de procesos industriales por actividad del sector

Actividad	*PSM*	*RBPS*	*Energy institute*	*Seveso III*	*API RP 75*	*Otra 2*	*No aplica*
Exploración	*(11)*	*(3)*	*(0)*	*(0)*	*(4)*	*(0)*	*(5)*
Perforación, completamiento y/o servicios	*(8)*	*(3)*	*(1)*	*(0)*	*(8)*	*(0)*	*(3)*
Intervención y servicios a pozos	*(8)*	*(3)*	*(1)*	*(0)*	*(8)*	*(0)*	*(3)*
Construcción de facilidades de producción	*(9)*	*(3)*	*(2)*	*(0)*	*(6)*	*(0)*	*(3)*
Operaciones de producción, mantenimiento y tratamiento químico	*(10)*	*(2)*	*(2)*	*(1)*	*(5)*	*(0)*	*(3)*
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización	*(8)*	*(2)*	*(3)*	*(0)*	*(6)*	*(0)*	*(4)*
Operaciones de refinación y petroquímica	*(9)*	*(3)*	*(2)*	*(0)*	*(5)*	*(0)*	*(4)*
Otra 1	*(0)*	*(0)*	*(1)*	*(0)*	*(0)*	*(0)*	*(22)*

Fuente: Autor

En la categoría considerada como "otra 1", se indicó uno en "Producción y manejo de

gas". Adicionalmente dentro de la categoría considerada como "otra 2", no se indicó ninguna otra metodología de seguridad de proceso diferente a las indicadas en el cuestionario. Incluso uno de los participantes manifestó no estar familiarizado con estas herramientas, sin embargo, reconoció su importancia.

En la Tabla 30 se muestran los resultados de la metodología propuesta por los profesionales en el supuesto que cada participante tuviera la responsabilidad de implementar un sistema para gestionar los riesgos del proceso industrial donde actualmente labora.

Tabla 30

Metodología propuesta por los participantes para implementar un sistema para gestionar los riesgos de procesos en el sector petrolero

Metodología	***# de participantes***
PSM (US OSHA - EPA)	*7*
RBPS - CCPS	*5*
API RP 75	*4*
Energy Institute - UK	*1*
ISO 16530-1	*1*
API RP 754	*1*
Metodología propia basada en estándares internacionales	*1*
No tiene conocimiento	*3*

Fuente: Autor

En la Tabla 31 se muestra la agrupación de los resultados obtenidos de acuerdo a la justificación por lo cual recomendaron las metodologías relacionadas en la Tabla 30.

Tabla 31

Justificaciones que motivaron a recomendar las metodologías de seguridad de procesos

Justificación	***# de participantes***
A partir de la Experiencia del Participante (Es la que mejor manejo, experiencia, es la que conozco, creo que es la más conocida en la industria, es la implementada en varias empresas al igual que la empresa donde laboro actualmente)	*9*

Justificación	*# de participantes*
A partir del Alcance de la Norma (Es la más adecuada para la industria de los hidrocarburos, toma en cuenta una mayor cantidad de elementos para la seguridad de procesos, benchmarking con empresas del sector hidrocarburos, a raíz del conocimiento y experiencia de la organización normalizadora, es un sistema de gestión que cubre todas las modalidades de operación, y es muy completa para las diferentes áreas)	*11*
No tiene conocimiento	*3*

Fuente: Autor

En la Tabla 32 se muestran la agrupación de los resultados obtenidos relacionado al nivel de implementación de las metodologías propuestas por los participantes.

Tabla 32

Nivel de implementación de las metodologías de seguridad de procesos propuestas

Implementación metodología	*# de participantes*
Completa	*15*
Parcial	*1*
Híbrida	*7*

Fuente: Autor

En la Tabla 33 se consolidan los requisitos que los participantes consideran más relevantes para la implementación de la metodología propuesta.

Tabla 33

Requisitos más relevantes para la implementación de la metodología de seguridad de procesos propuesta

Requisitos importantes	*# de participantes*
Todos los requisitos	*7*
Gestión de los peligros y los riesgos (Diseñar como se manejarían los peligros y los riesgos y su retroalimentación, entendimiento y comunicación a todos los niveles de la organización y participación activa de la operación, y definición de barreras)	*5*
Calidad, procesos y medio ambiente	*3*

Requisitos importantes	*# de participantes*
Desempeño en el trabajo, gestión del cambio. Desempeño en HSE y requerimientos de HSE	*1*
Cultura de seguridad de procesos, cumplimiento de estándares, competencias en seguridad de procesos, identificación de peligros y análisis de riesgos, procedimientos operacionales, integridad y confiabilidad de activos, gestión del cambio, conducta en las operaciones, gestión de emergencias, investigación de incidentes, mediciones y métricas y auditoria	*1*
Análisis de riesgos del proceso y procedimientos de operación y prácticas seguras y gestión del cambio de tecnología.	*1*
Liderazgo, compromiso y responsabilidad, información y documentación, gestión de riesgos, aseguramiento y mejoramiento continuo	*1*
Análisis del proceso y procedimiento operativos	*1*
No aporta	*3*

Fuente: Autor

Finalmente, en la Tabla 34 se consolidan los requisitos que los participantes consideran de menor importancia para la implementación de la metodología propuesta.

Tabla 34

Requisitos de menor importancia para la implementación de la metodología de seguridad de procesos propuesta

Requisitos de menor importancia	*# de participantes*
Todos los requisitos son importantes	*13*
Se sugiere correr para todos los casos sistemáticas de análisis cuantitativo de riesgos, los elementos a implantar deben obedecer a un análisis de las condiciones de la empresa bajo estudio, es así como, en función de los resultados se determinan cuáles elementos aplican y cuáles no, se haría un ajuste de la norma para los requerimientos de la operación y aprendizaje a partir de la experiencia	*4*
No aporta	*6*

Fuente: Autor

Resultados obtenidos en la entrevista

El formato de entrevista para caracterizar a las organizaciones petroleras con operaciones en latinoamérica, fue corrido durante la última semana de abril y la primera de mayo del 2021, con el fin de conocer las experiencias específicas que los expertos tienen en las temáticas del trabajo de investigación, particularmente con respecto al proceso de diseño e implantación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en el sector petrolero.

La entrevista se realiza a profesionales de laboran en el sector petrolero de dos países específicamente, Perú y Colombia, basado en el hecho que estos profesionales disponibles por oportunidad manifiestan sus intenciones de participar en el ejercicio. Tal como se detalla más adelante, estos profesionales tienen amplio conocimiento y experiencia.

Sección 1, información del trabajo de investigación. Esta sección fue incluida con el objeto de contextualizar a los expertos que participaron en la entrevista, e informar acerca del alcance del proyecto. Se incluyó la información del título de la investigación, información del investigador y la pregunta de investigación. Complementariamente, se informa al entrevistado sobre el objetivo del ejercicio, acerca del estudiante y la institución a la que este representa, así mismo, se solicita su consentimiento para hacer uso de la información, la cual se presenta de forma consolidada, sin revelar información personal de los profesionales que participan.

Sección 2, desarrollo de la entrevista. En esta sección se solicita información como nombre del profesional que participa en la entrevista, la nacionalidad, la profesión y especialidad, así como, la experiencia general y específica en años. La sección se complementa con un conjunto de preguntas iniciales, por medio de las cuales se busca comprender la percepción inicial del profesional, principalmente con respecto a la importancia que tienen los sistemas de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, e igualmente, el papel que juega la caracterización de la organización. Los resultados obtenidos se relacionan a continuación.

En la Tabla 35 se consolida la nacionalidad de los profesionales participantes que fueron por oportunidad cinco (5).

Tabla 35

Nacionalidad vs número de profesionales

Nacionalidad	***# de profesionales***
Colombiana	*3*
Peruana	*2*

Fuente: Autor

La Tabla 36 se indica la relación de profesiones base a la que pertenecen los expertos que participaron en el ejercicio.

Tabla 36

Profesión base vs número de profesionales

Profesión base	***# de profesionales***
Ingeniero químico	*1*
Ingeniero electrónico	*1*
Químico	*1*
Ingeniero de petróleos	*1*
Ingeniero mecánico	*1*

Fuente: Autor

En la Tabla 37 se relacionan las especialidades a las que pertenecen los profesionales participantes y que cuentan con estudio de post-grado.

Tabla 37

Especialidad vs número de profesionales

Profesión base	***# de profesionales***
Analista de riesgo de procesos	*1*
Ingeniería de producción	*1*
Gerencia en SST y Contraincendio	*2*
Seguridad de procesos	*1*

Fuente: Autor

En la Tabla 38 se relacionan los rangos de experiencia de los profesionales participantes

en términos de la experiencia general y la experiencia específica; la experiencia general hace alusión al tiempo que el profesional lleva laborando desde que finalizó su pre-grado, mientras que la experiencia específica es la relacionada con la especialidad, que como se evidencia tiene relación con la unidad de análisis y la dimensión espacial del trabajo de investigación.

Tabla 38

Experiencia general y específica de los profesionales

Categorías	***Experiencia general***	***Experiencia específica***
Superior a 20 años	*3*	*2*
Entre 15 y 19 años	*1*	*2*
Entre 10 y 14 años	*1*	*1*

Fuente: Autor

En cuanto a la pregunta, ¿Considera que el Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos (RBPS – CCPS) es aplicable a las organizaciones del sector petrolero?, la Tabla 39 muestra el consolidado de la categorización de las respuestas.

Tabla 39

Si o No a pregunta sobre aplicabilidad del RBPS

Aplicabilidad RBPS	***# de participantes***
Si	*5*
No	*0*

Fuente: Autor

En cuanto a la pregunta, ¿Por qué? haciendo alusión a la pregunta anterior, en la Tabla 40 se relacionan las respuestas en la Tabla 40.

Tabla 40

Respuesta a la pregunta ¿Por qué? de los profesionales participantes en la entrevista

Profesional	***Respuesta***
Profesional 1	*Esquemas similares han sido aplicados ya en Colombia, caso BP en su tiempo y Exxon donde hay una rigurosidad en sus procedimientos administrativos. Sin embargo, el de la*

	CCPS en Colombia, por temas de presupuesto, disponibilidad de personal, concientización del personal solo podría ser aplicado parcialmente.
Profesional 2	*Tenemos prácticas de seguridad de procesos y sistemas formales de gestión de la seguridad operacional en algunas compañías desde hace muchos años. Sin embargo, muchas organizaciones siguen siendo desafiadas por el rendimiento inadecuado del sistema de gestión, las presiones de la optimización de recursos y resultados de seguridad del proceso estancados.*
Profesional 3	*Si, es aplicable al Oil&Gas porque el sector es propietario generador de los peligros mayores, este mismo desde hace varias décadas ha implementado total o parcialmente los 20 elementos de los 4 pilares.*
Profesional 4	*Las organizaciones del sector petrolero manejan hidrocarburos en todos sus procesos, lo que amerita contar con procesos confiables para evitar derrames, afectación a personas e infraestructura.*
Profesional 5	*Permite reducir los riesgos de accidentes y un mejor desempeño en los procesos operativos.*

Fuente: Autor

Con respecto a la pregunta ¿Considera que existen factores estratégicos en las organizaciones del sector petrolero que determinan si es necesario diseñar e implementar un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos (RBPS – CCPS)? la Tabla 41 muestra el consolidado de las respuestas.

Tabla 41

Si o No a pregunta sobre la existencia de factores estratégicos que determinan la implantación del RBPS

Post-grado	***# de participantes***
Si	*5*
No	*0*

Fuente: Autor

Con respecto a la pregunta: ¿Cuáles factores estratégicos considera determinantes en una compañía del sector petrolero a la hora de tomar la decisión de diseñar e implementar un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos (RBPS – CCPS)? Por favor enúncielos, las respuestas se indican en la Tabla 42.

Tabla 42

Respuesta a la pregunta sobre los factores estratégicos que los profesionales participantes consideran

Profesional	***¿Cuáles factores estratégicos considera determinantes en una compañía del sector petrolero a la hora de tomar la decisión de diseñar e implementar un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos (RBPS – CCPS)? Por favor enúncielos***
Profesional 1	*Cumplimiento de nueva legislación asociada al manejo de riesgos mayores y decreto de manejo de riesgos asociado a un aspecto más preventivo que reactivo. Continuidad del negocio: Con las nuevas formas de explotación petrolera (fracking, inyección de agua) que son mal vistas, se debe asegurar estos procedimientos de una manera más eficaz.*
Profesional 2	*Presión de tiempo y/o costos, Información imprecisa, insuficiente o contradictoria, Sesgos culturales, Incapacidad o falta de autoeficacia del individuo cuando se halla en situaciones críticas y la falta de experiencia de los responsables de la toma de decisiones.*
Profesional 3	*Continuidad del negocio, incrementar la resiliencia organizacional. Mantener imagen para controlar impacto reputacional y su valor en la bolsa, y su cultura y compromiso con la vida y el ambiente*
Profesional 4	*Es estratégico cuidar la imagen y reputación de las organizaciones, lo que se puede afectar si ocurren accidentes catastróficos. La confiabilidad del proceso, el mantenimiento de los equipos, el entrenamiento del personal, la disciplina operativa, la compra de equipos y calidad de los materiales, entre otros*
Profesional 5	*Estructura Organizacional, Producción, Clase de Hidrocarburos, Tamaño de la Organización, Madurez de la Organización, Accidentalidad*

Fuente: Autor

Sección 3, factores estratégicos organizacionales propuestos. La tercera sección del formulario de entrevista denominada "factores estratégicos propuestos", tuvo por objeto conocer la percepción de los profesionales - expertos entrevistados respecto a cada uno de los factores estratégicos considerados preliminarmente como determinantes a la hora diseñar e implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos (RBPS) en el sector petrolero, sustentados en el hecho que los profesionales entrevistados conocen y tienen experiencia en el sector en cuestión, así como, en la metodología de control de riesgos unidad de análisis del trabajo de investigación. Los factores estratégicos considerados, son los siguientes:

- Dominio u Origen de la Compañía
- Participación de la Compañía

- Estructura Organizacional de la Compañía
- Producción de Petróleo (BPD)
- Clase de Petróleo (Gravedad API)
- Tamaño de la Organización (# Trabajadores)
- Madurez de la Organización
- Estado de Implementación de los Requisitos del RBPS - CCPS
- Accidentalidad (# Accidentes)
- Filosofía Operacional

En la Tabla 43 se consolidan los factores estratégicos propuestos respecto a la aprobación por parte de los profesionales entrevistados. Un "Si", significa que este es un factor estratégico que el profesional entrevistado considera pertinente e importante a la hora de diseñar e implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS, mientras que un "No", significa que el factor estratégico en cuestión no es considerado por el profesional como determinante a la hora de diseñar e implementar un RBPS.

Tabla 43

Validación de los factores estratégicos propuestos con los expertos participantes

Factor Estratégico Propuesto	*Profesional 1*	*Profesional 2*	*Profesional 3*	*Profesional 4*	*Profesional 5*
Dominio u Origen Compañía	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*
Participación de la Compañía	*No*	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*
Estructura Organizacional	*No*	*Si*	*No*	*Si*	*Si*
Producción de Petróleo (BPD)	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*	*No*
Clase de Petróleo (API)	*No*	*Si*	*No*	*Si*	*Si*
Tamaño (# Trabajadores)	*No*	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*
Madurez de la Organización	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*
Implementación RBPS - CCPS	*No*	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*
Accidentalidad (# Accidentes)	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*
Filosofía Operacional	*No*	*Si*	*Si*	*Si*	*Si*

Fuente: Autor

Desde la Tabla 44 hasta la tabla 54 se consolidan los comentarios que los profesionales hicieron a cada uno de los factores estratégicos propuestos.

Tabla 44

Comentarios a factor estratégico dominio u origen por parte de los profesionales

Profesional	***Dominio u Origen de la Compañía***
Profesional 1	*Por lo general si la compañía petrolera es americana, inglesa, estas propenden por el cumplimiento de estándares internacionales. Compañías de otras regiones del mundo, son poco afines al cumplimiento de un plan riguroso de procesos.*
Profesional 2	*La Cultura de la organización se ve reforzada si esta proviene de un modelo en donde RBPS ya ha sido madurado, aunque debe adaptarse a la realidad local.*
Profesional 3	*Casa matriz Canadá. Gran parte de los avances en RBPS han sido adquiridos, o mejor, traídos por las transnacionales que llegan con sus programas.*
Profesional 4	*El RBPS no discrimina el dominio u origen. Todas las compañías deben aplicar este control o sistema (Prioridad 1 para todas las categorías).*
Profesional 5	*El contexto de localización es importante al momento de diseñar el RBPS.*

Fuente: Autor

Tabla 45

Comentarios a factor estratégico participación por parte de los profesionales

Profesional	***Participación de la Compañía***
Profesional 1	*Por experiencia en compañías como Ecopetrol y Petrobras que son de capital estatal, veo que esas políticas de gestión no tienen ningún componente político, y más bien, siempre ha dependido del espíritu corporativo que le imprimen los altos directivos.*
Profesional 2	*Mayor facilidad de alineamiento en organizaciones privadas frente a las estatales, por temas de intereses y capacidad competitiva.*
Profesional 3	*La estatal ha sido referente en el tema RBPS y varias empresas multinacionales como BP, Oxy, etc.*
Profesional 4	*Sea privada, estatal o mixta debe tener un sistema de gestión de SP (Prioridad 1 para todas las categorías).*
Profesional 5	*Mi experiencia indica que el tipo de acción variado en la compañía (Privado o Estatal) influye en la implementación del RBPS.*

Fuente. Autor

Tabla 46

Comentarios a factor estratégico estructura organizacional por parte de los profesionales

Profesional	***Estructura Organizacional:***
Profesional 1	*Desconoce el tema.*
Profesional 2	*RBPS desarrolla bastante el trabajo en equipo, sobre todo en organizaciones horizontales, enfocándose en el cumplimiento del rol.*
Profesional 3	*No veo incidencia del tipo de estructura. Si considero necesario que en la estructura se tenga un área responsable de la gestión de RBPS.*

Profesional	*Estructura Organizacional:*
Profesional 4	*Independientemente de la estructura se debe implementar un sistema de gestión de SP por el riesgo del proceso que manejan (Prioridad 1 para todas las categorías).*
Profesional 5	*"No especifica".*

Fuente: Autor

Tabla 47

Comentarios a factor estratégico producción de petróleo por parte de los profesionales

Profesional	*Producción de Petróleo*
Profesional 1	*La implementación de un proceso tan minucioso requiere cierto personal especializado en este tipo de procesos, por lo que el factor dinero se hace imprescindible.*
Profesional 2	*El Paradigma de que la gestión de seguridad de procesos fue desarrollada por y para grandes empresas.* *Las pequeñas empresas a menudo no tienen la capacidad de implementar sistemas similares.*
Profesional 3	*La producción normalmente hará parte de la ecuación de asignación de presupuestos y alcance organizacional para la implementación y diseño.*
Profesional 4	*Independientemente del volumen se debe tener control sobre los riesgos del proceso (Prioridad inversamente proporcional a la categoría volumen producido 5, 4, 3, 2, 1).*
Profesional 5	*"No especifica".*

Fuente: Autor

Tabla 48

Comentarios a factor estratégico clase de petróleo por parte de los profesionales

Profesional	*Clase de Petróleo*
Profesional 1	*No dependería ser un factor preponderante, porque el riesgo ambiental siempre está latente.*
Profesional 2	*Relacionado esto a los procesos tecnológicos y productos que se manejan,*
Profesional 3	*Apesar que los livianos generan mayor riesgo inicial, con controles efectivos el riesgo residual podría ser de menor magnitud a los pesados o igual,*
Profesional 4	*Independientemente de la Gravedad API debe haber confiabilidad en el proceso de manejo del hidrocarburo (Prioridad en el siguiente orden para cada categoría 3,2,1,1).*
Profesional 5	*El tipo de hidrocarburo suele determinar el nivel de peligrosidad de una instalación. Importante en el séptimo elemento del PSM.*

Fuente: Autor

Tabla 49

Comentarios a factor estratégico tamaño de la organización por parte de los profesionales

Profesional	***Tamaño de la Organización***
Profesional 1	*No debería ser un factor preponderante en la aplicación del sistema de gestión de riesgos. Una compañía puede ser pequeña, pero puede poseer un alto grado de exposición a elementos vulnerables (ambiente, personas, continuidad del negocio).*
Profesional 2	*Por la capacidad de desarrollar entre los colaboradores el sentido de vulnerabilidad.*
Profesional 3	*Se espera que entre más grande la organización, más interés y compromiso en RBPS - PSM.*
Profesional 4	*Puede ser una compañía con pocos trabajadores, pero el riesgo en el proceso sigue estando (Prioridad para cada categoría 2, 1, 1, 1).*
Profesional 5	*Fundamental para diseñar RBPS. El cuarto elemento del PSM depende mucho de este factor.*

Fuente: Autor

Tabla 50

Comentarios a factor estratégico madurez de la organización por parte de los profesionales

Profesional	***Grado de Madurez de la Organización***
Profesional 1	*Es un proceso que requiere que haya una política concertada desde sus altos directivos. Una empresa joven está preocupada inicialmente por aspectos técnicos que son más del día a día. Diferente a una empresa ya constituida y que ya sus procesos están estabilizados.*
Profesional 2	*Hay que tener en cuenta que la fijación de objetivos no es un evento finito, sino que debe ser visto como un proceso continuo en el espíritu de la mejora continua. La gestión de seguridad del proceso nunca se "acaba", "termina" o "esta hecho"; cuando se alcanzan los objetivos, objetivos nuevos y más ambiciosos los reemplazan.* *Con el tiempo, como PSM se integra en las operaciones comerciales de su empresa, los objetivos de gestión de seguridad del proceso deben formar parte de la planificación comercial de la empresa.*
Profesional 3	*Este es un factor clave, es típico que las más jóvenes se están preocupando por crecer y no por la seguridad de ese crecimiento.*
Profesional 4	*Organizaciones con procesos nuevos deben tener los riesgos desde la etapa de diseño, las antiguas mantener los procesos confiables en el tiempo (Prioridad 1 para todas las categorías).*
Profesional 5	*Muy importante para el primer elemento del RBPS. Sin embargo, discrepo con el planteamiento de medir la Madurez con respecto a los años de experiencia.*

Fuente: Autor

Tabla 51

Comentarios a factor estratégico implementación RBPS por parte de los profesionales

Profesional	***Estado de Implementación de los Requisitos del RBPS***
Profesional 1	*No debería ser un aspecto primordial en la implementación del sistema de gestión. Sin embargo, pensaría que un proceso de estos, como está pensado, ya en un 75%, se puede decir que es una buena base versus un proceso de gestión normal de seguridad basado en estándares antiguos.*
Profesional 2	*Otro paradigma. La gestión de seguridad de procesos se implementó como un sistema separado e independiente que no está integrado en el sistema de gestión general de la organización.*
Profesional 3	*Contrario a lo que se piensa, la mayoría de las empresas con sus sistemas de ingeniería y gestión han desarrollado parcialmente muchos de los 20 elementos.*
Profesional 4	*Se debe llegar al 100% de implementación (Prioridad para cada categoría más exigente de menor a mayor 1, 2, 3, 4, 5).*
Profesional 5	*"No especifica"*

Fuente: Autor

Tabla 52

Comentarios a factor estratégico accidentalidad por parte de los profesionales

Profesional	***Accidentalidad***
Profesional 1	*El alto número de accidentalidad es un soporte valioso para llegar a un gerente y validar la necesidad de presupuesto para el inicio de este tipo de procesos administrativos.*
Profesional 2	*"No especifica".*
Profesional 3	*Pilar este factor. Si entendemos como incidente a toda pérdida de contención primaria estos son >20, y eso muestra la "enfermedad organizacional" y la falta de RBPS - PSM.*
Profesional 4	*Todos los accidentes dejan un aprendizaje (lecciones aprendidas) que deben aplicarse, para evitar repetición de los eventos no deseados (Prioridad 1 para todas las categorías).*
Profesional 5	*Toda organización debería implementar un PSM. Sin embargo, la tasa de accidentalidad es importante al momento diseñar el 17 y 18 elemento del PSM.*

Fuente: Autor

Tabla 53

Comentarios a factor estratégico filosofía operacional por parte de los profesionales

Profesional	***Filosofía Operacional***
Profesional 1	*Es muy raro un proceso actual de gestión basado en aspectos totalmente correctivos. No obstante, los modelos predictivos son muy cerrados a sus índices de gestión y no dan la posibilidad de apertura a otros procesos. Pienso que en un modelo preventivo, a lo que está enfocada la seguridad de procesos, si es un aspecto de mayor trascendencia.*

Profesional	*Filosofía Operacional*
Profesional 2	*"No especifica".*
Profesional 3	*Esto es inherente a la cultura organizacional y un KPI para los procesos de RBPS PSM es trascendental que provenga desde la alta dirección.*
Profesional 4	*La filosofía operacional debería ser predictiva en su mayor parte, no esperar a corregir procesos (Prioridad está definida de acuerdo a la cultura 3, 2, 1)*
Profesional 5	*Básico para plantear el diseño del 10 y 13 elemento del PSM.*

Fuente: Autor

Tabla 54

Comentarios adicionales sobre la entrevista por parte de los profesionales

Profesional	*¿Tiene algunos comentarios adicionales sobre el ejercicio que considere pertinentes?*
Profesional 1	*A mi parecer uno de los aspectos de mayor peso, es el factor de cambio de paradigmas. Este tipo de procesos requiere que sea liderado por la altas esferas de la organización, y hacerlo cumplir. Por lo general es entregado al área de seguridad HSE y es donde se pierde, debido a que no hay acompañamiento de otras áreas como lo son Operación y Mantenimiento.*
Profesional 2	*"No especifica".*
Profesional 3	*El diseño e implementación de un RBPS PSM como unificado con los sistemas de gestión para los Eventos No Deseados.*
Profesional 4	*he colocado # en cada categorización donde 1 es mayor prioridad de implementación y va bajando la prioridad con (2, 3, 4, 5, etc).*
Profesional 5	*"No especifica".*

Fuente: Autor

Sistematización de hallazgos y análisis de resultados

La sistematización y análisis de resultados pretende establecer en que medida los resultados obtenidos contribuyen al logro de los objetivos del trabajo de investigación a partir de la aplicación de los instrumentos.

De esta manera, los resultados que se analizan bajo esta la óptica del objetivo del trabajo, corresponden a los obtenidos mediante la aplicación del formato de resumen analítico especializado (RAE), los resultados del cuestionario sobre la aplicabilidad de la gestión de seguridad de procesos en la industria de los hidrocarburos, y finalmente, los resultados correspondientes a la aplicación de la entrevista por oportunidad.

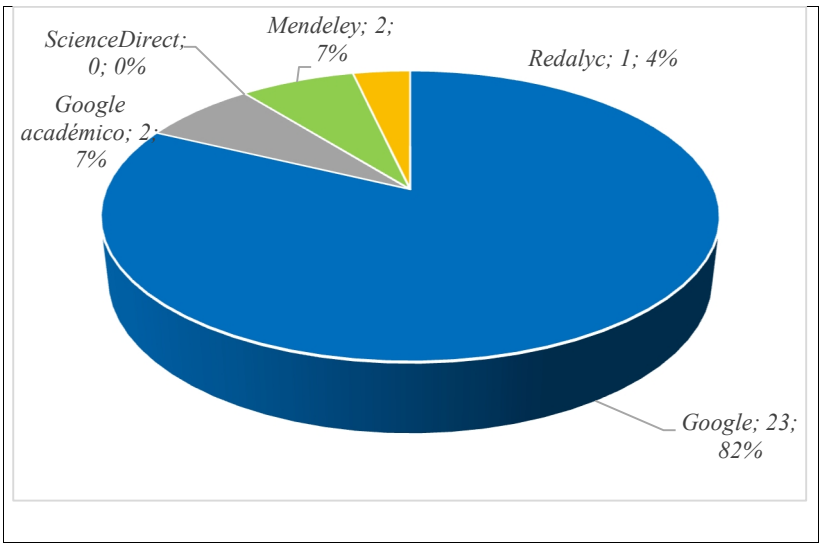
Sistematización de hallazgos y análisis de resultados obtenidos del formato de resumen analítico especializado (RAE)

De acuerdo con la búsqueda de información y sistematización a través del formato RAE, se evidenció que la disponibilidad de información sobre la temática objeto de análisis, especialmente en plataformas de acceso gratuito, es bastante escasa, razón por la cual se recomienda en trabajos futuros, enriquecer el ejercicio a través de la búsqueda de bibliografía en plataformas técnicas con membresía paga. Así mismo, es importante tener presente que fue necesario ampliar el año de edición del documento a seis (6) años, por encima del tiempo de «tres últimos años» establecido por la Corporación Universitaria UNITEC (2020) para identificación de estudios antecedentes (p. 16).

En la medida en que la búsqueda de información avanzó, fue necesario incorporar criterios de búsqueda adicionales hasta obtener del formato RAE que se incluye en Anexo F.

Gráfica 23

Plataformas infográficas a las que se tuvo acceso y consultó



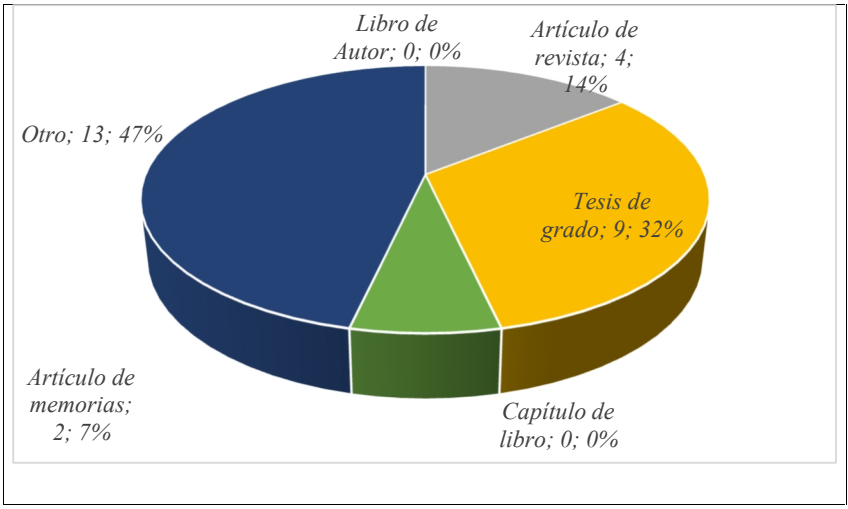
Fuente: Autor

Tal como se muestra en la Gráfica 23, la información que finalmente se llevó al formato RAE principalmente se obtuvo a través del buscador “Google” con un 82% de participación,

seguido por el buscador “Google académico” y Mendeley con un 7% de participación cada uno, Redalyc con un 4%, finalmente y ScienceDirect sin aporte para el objeto del estudio. La información disponible en plataformas de búsqueda especializada generalmente está vinculada a páginas de organizaciones donde solo es posible visualizar el “abstract” puesto que el acceso a cada documento completo tiene costo.

Gráfica 24

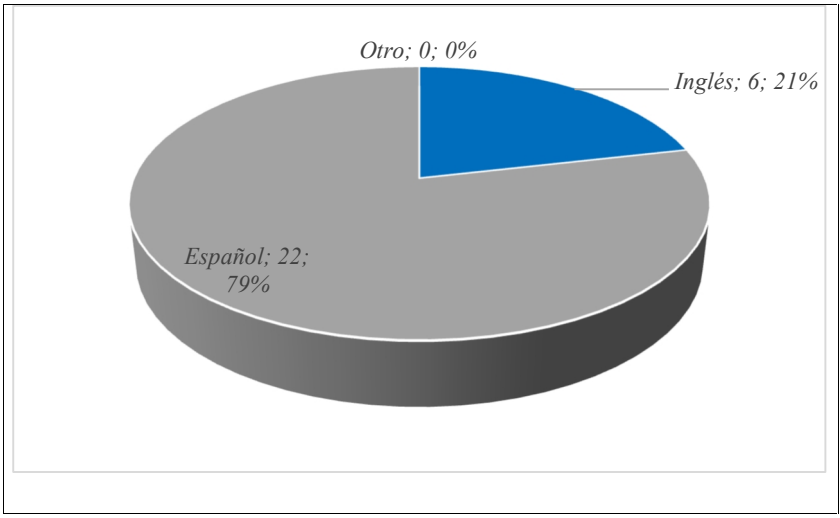
Fuentes de información documental



Fuente: Autor

Gráfica 25

Idioma original del documento



Fuente: Autor

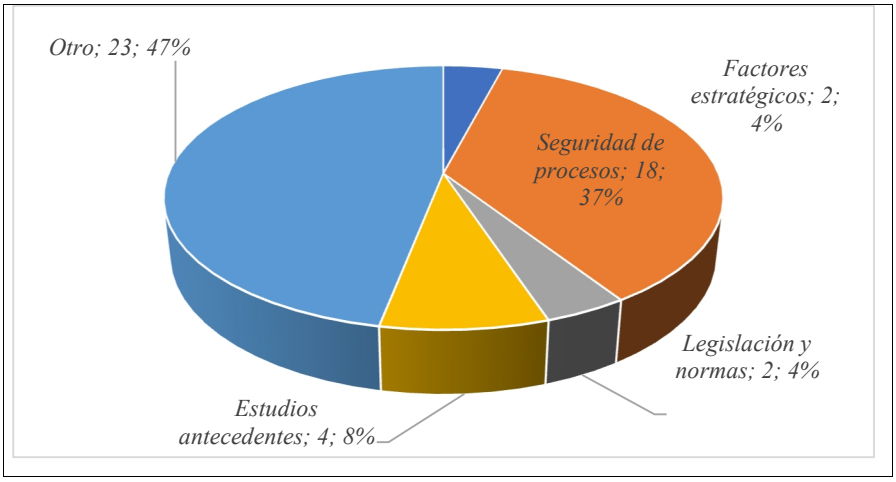
Sección 1, información general del documento. En la Gráfica 24, se muestra la contribución de las fuentes de información secundaria recopilada, observándose que un 47% de la documentación corresponde a la categoría "Otros", en razón a que en su gran mayoría son "lecciones aprendidas de accidentes", por otro lado, las "Tesis de grado" ocuparon un segundo lugar con un 32% de participación, las opción "Artículos de revista" con un 14% y "Artículos de memorias" con un 7%, mientras que los "Libros" y "Capítulos de libro" de esta especialidad están muy poco disponibles mediante la modalidad gratuita.

En la Gráfica 25 se observa que las fuentes de información secundaria recopilada se encuentran en un 79% en idioma español y un 21% en idioma inglés. Aunque la información sobre el tema del trabajo se encuentra principalmente en inglés, esta se encuentra en plataformas de acceso pago.

Sección 2, contenido. De acuerdo con la Gráfica 26 de los macro-temas considerados en el trabajo de investigación, del que más se obtiene información se relacionada con "Seguridad de procesos" con un 69%, seguido por "Legislación y normas de buenas prácticas" con un 11% de participación, y finalmente, los "Estudios antecedentes" y "factores estratégicos organizaciones" con un 5% quedando demostrado, que el aporte desde la academia a esta temática es bastante bajo.

Gráfica 26

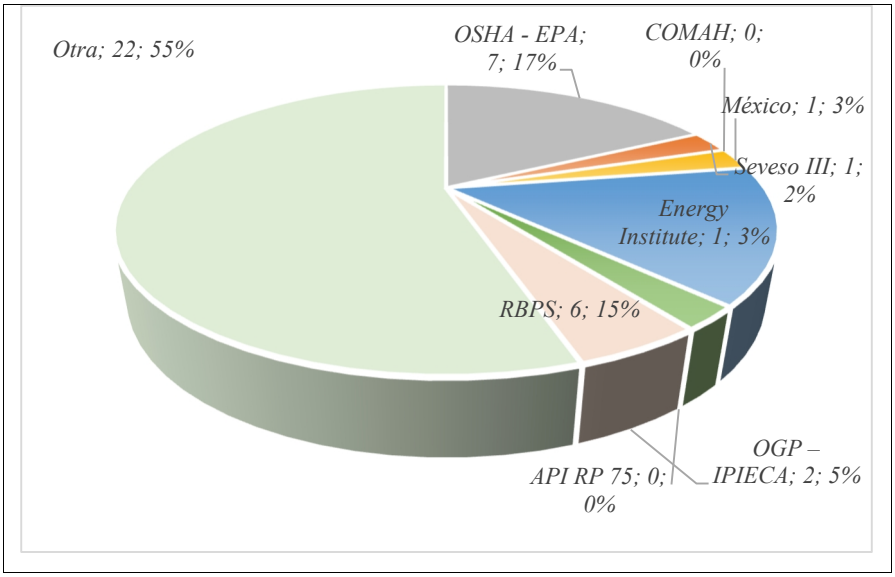
Documentos bibliográficos relacionados con los macro-temas objeto del estudio



Fuente: Autor

Gráfica 27

Documentos bibliográficos relacionados con las metodologías de seguridad de procesos



Fuente: Autor

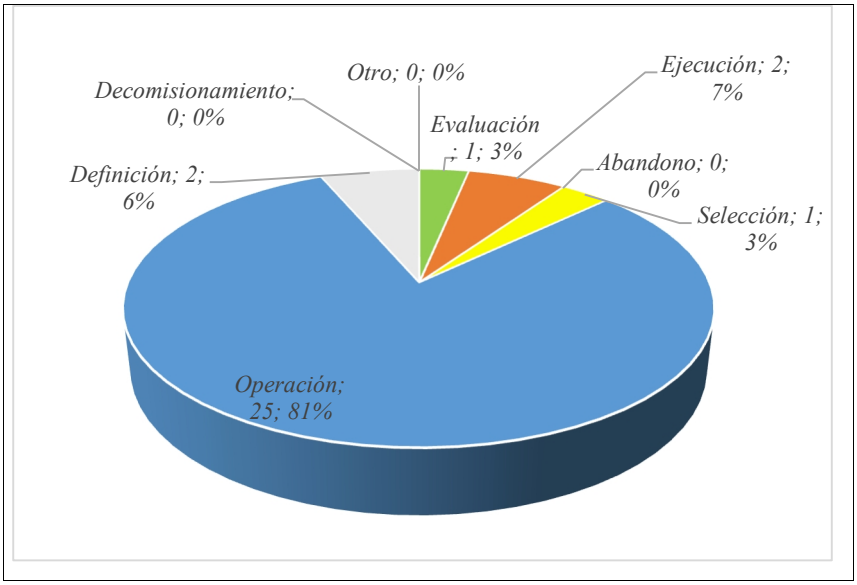
Sección 3, metodologías de gestión de riesgos de proceso de organismos internacionales. En la Gráfica 27 se observa la participación porcentual de la documentación obtenida relacionada con las metodologías de seguridad de procesos aplicadas. Tal como se evidencia, se encuentran muchos documentos relacionados con otras metodologías las cuales no son objeto del trabajo de investigación, mientras que documentos donde se aplican las metodologías reglamentarias o en su defecto de buenas prácticas generalmente son de acceso pago. En cuanto a la unidad de análisis objeto del trabajo, la participación es tan solo 15%, esto relacionado también al hecho que es muy poca la información disponible en este tipo de plataformas relacionadas con la unidad dimensional del trabajo de investigación.

En la Gráfica 28 es evidente que la etapa del ciclo de vida donde generalmente se contempla la aplicación algún tipo de metodología para la gestión de los riesgos de los procesos industriales, es comandado principalmente por la etapa "Operación" con un 81%, seguido por la etapa de "Ejecución" con un 7%, "Definición" con un 6%, "Evaluación de alternativas" y "Selección" con un 3% cada una, y "Selección" con un 4% cada una. En las etapas restantes es muy poco probable que se contemple o implemente una metodología PSM, lo cual puede estar

relaciona con la pertinencia que representa y el costo que esto genera sin un retorno en el corto plazo.

Gráfica 28

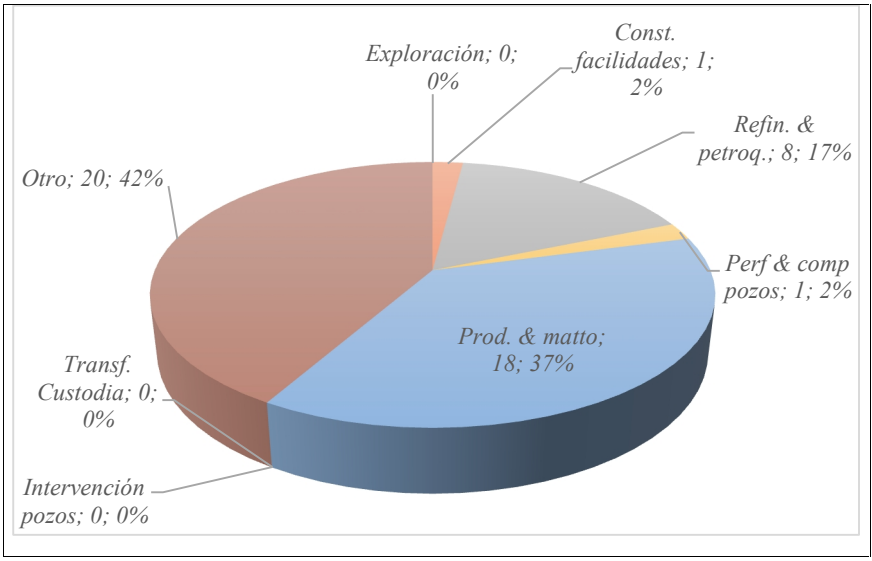
Documentos bibliográficos relacionados con la etapa de aplicación de las metodologías de seguridad de procesos



Fuente: Autor

Gráfica 29

Documentos bibliográficos relacionados con la actividad u operación



Fuente: Autor

En cuanto al tipo de operación o actividad en la que se contempla la implementación del sistema de gestión de procesos, en la Gráfica 29 se evidencia que la participación documental de "otros" sectores industriales es del 42%, mientras que de ese global en los procesos hidrocarburíferos la actividad que gestiona en mayor medida los riesgos de procesos son las actividades de "Producción y mantenimiento" con más del 37%, mientras que "Refinación y petroquímica" tiene un "17", el resto de actividades presentan una participación de baja a nula, evidenciándose una necesidad al respecto en estos procesos.

Sección 4, articulación de los factores estratégicos y la implementación de los requisitos del RBPS. En la Tabla 55 se evidencia la información respecto a esta temática es muy poco representativa, pues existe de muy poca a nula información en fuentes secundarias relacionada con la influencia que ejercen los factores estratégicos organizacionales contemplados, ya que la mayoría de los documentos hacen alusión a la gestión de los riesgos sin contemplar los aspectos propios de la estrategia organizacional. Sin embargo, es posible que las organizaciones del sector petrolero si compartan este tipo de información, pero el acceso a esta es a través de plataformas pagas. Esta necesidad de información para alcanzar los objetivos del trabajo de investigación, lleva a plantear como alternativa la realización de entrevistas que se apliquen a expertos por oportunidad para levantar información de tipo primario.

Tabla 55

Documentos bibliográficos relacionados con los factores estratégicos organizacionales

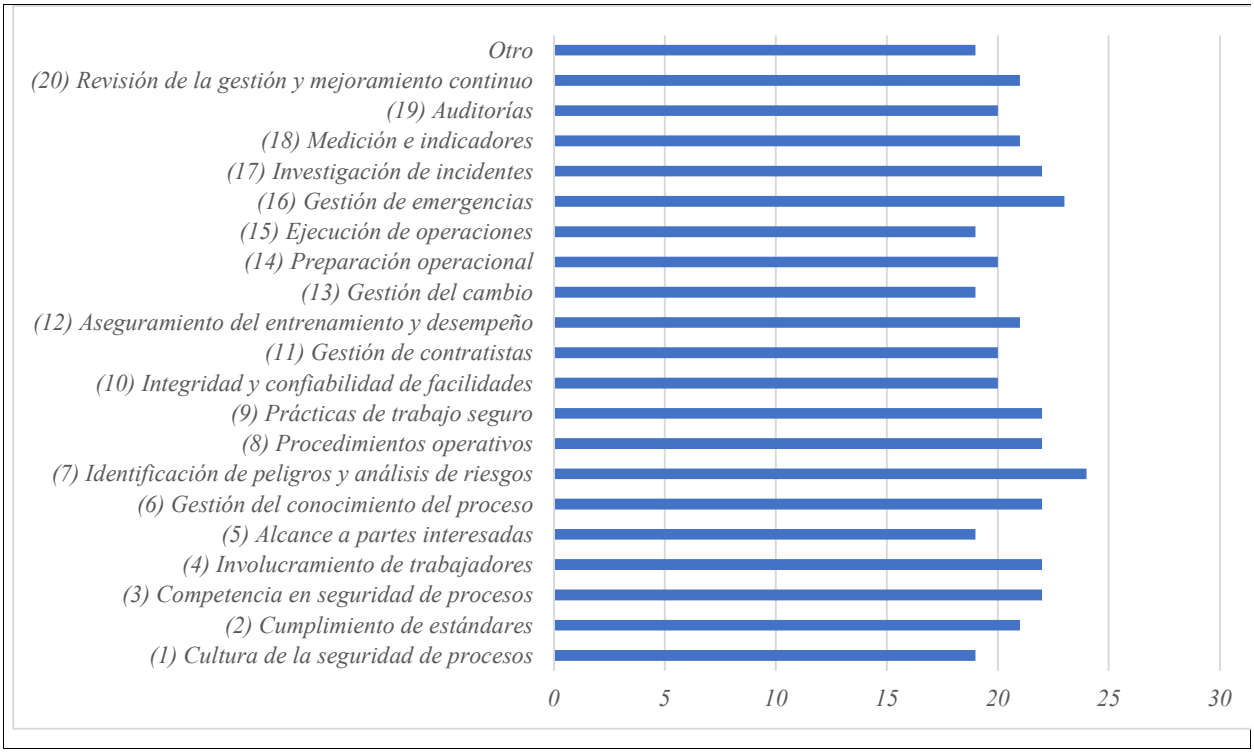
	Factores estratégicos organizacionales	***Si***	***No***
Variables Independientes	***Dominio u origen***	*1*	*27*
	Participación de la organización	*1*	*27*
	Estructura organización	*1*	*27*
	Producción de petróleo (BPD)	*0*	*28*
	Clase de petróleo (ºAPI)	*0*	*28*
	Tamaño (# trabajadores)	*1*	*27*
	Madurez (# años de experiencia)	*1*	*27*
	Implementación RBPS (%)	*0*	*28*
	Accidentalidad (# eventos/año)	*0*	*28*
	Filosofía operacional	*1*	*27*
	Otro	*0*	*28*

Fuente: Autor

Finalmente, en la Gráfica 30 se observa que de acuerdo a la revisión bibliográfica en fuentes secundarias, todos los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos sin excepción resultan ser de gran importancia en la implantación de un sistema de gestión de seguridad de procesos, destacándose el requisitos relacionado con la "Identificación de peligros y evaluación de riesgos" y la "Gestión de emergencias", el primero durante la fase de planificación del sistema y el segundo durante la fase de ejecución del sistema, mientras en la opción otros, se identifica incorporar algunos otros elementos desde los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, ambiental, calidad, etc, de ahí la importancia de contemplar la integración del sistema de gestión de seguridad de procesos con los otros sistemas para lograr una sinergia que beneficie a la organización. Así mismo, en vista que la mayor parte de organizaciones actualmente tienen implementado algún otro sistema de gestión es necesario realizar una "Evaluación inicial" o "Gap Analysis" como punto de partida del proceso de implementación de un RBPS para hallar brechas y generar planes de acción.

Gráfica 30

Documentos bibliográficos relacionados con los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basado en riesgos



Fuente: Autor

Sección 5, aspectos finales. De conformidad con la revisión a los aspectos finales de los documentos, se destacan las notas y comentarios obtenidos en cada uno de los documentos recopilados, los cuales se incluyen en el Anexo J. En la Tabla 56 se incluyen las notas y comentarios más relevantes desde la estrategia.

Tabla 56

Notas y comentarios más destacados de las fuentes consultadas

No.	*Título*	*Autor*	*Editorial*	*Año*	*Notas y comentarios relevantes desde la estrategia*
1	*Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena Caso (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena)*	*José Leandro Lacayo Mendoza & Jahir Ortiz Jaimes*	*Universidad Tecnológica de Bolívar*	*2015*	*El apoyo, liderazgo y compromiso de la alta gerencia es absolutamente necesario para el logro de los objetivos propuestos por el sistema de gestión de procesos.*
3	*Diseño de un modelo de gestión de la seguridad y salud en el trabajo en las actividades de perforación Off-Shore en Colombia*	*Paola Alejandra Báez Sánchez*	*Fundación Universidad de América*	*2016*	*El autor recomienda que para futuras investigaciones se pueden considerar el diseño de modelos de gestión que incluyan la seguridad de los procesos (HSSE), teniendo en cuenta que esto implica un mejor control sobre cada uno de los elementos que lo integran.*
5	*Propuesta metodológica para el diagnóstico y evaluación de sistemas de seguridad de procesos incluyendo principios verdes*	*Jorge Andrés Sarmiento Becerra*	*Universidad EAN*	*2019*	*Los principios de ingeniería verde que consideran de mayor importancia e influencia en sistemas de gestión en seguridad de procesos son: 1. Sustentabilidad a lo largo del ciclo de vida, 2. Prevenir en vez de tratar, 3. Inherentemente seguro y no peligroso, 4. Recursos, energía y materiales renovables, y 5. Eficiencia en el uso de materia, energía, espacio y tiempo.*
21	*Key lessons from incidents related to audits*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*13 Ed 2021*	*La realización de auditorías contribuye a la identificación oportuna de fallas en la aplicación de la gestión de los riesgos de HSEQ, sin embargo, si durante su proceso de realización no se le da la importancia a estos ejercicios, no se contribuirá con las identificación de hallazgos relevantes, por otro lado, si no se le da un tratamiento, seguimiento y gestión a os hallazgos identificados estos ejercicios perderán completamente su propósito. La realización de las auditorías planificadas, al igual que la dedicación necesaria para realizarlas, juega un papel importante dentro del proceso de mejora continua de la gestión. Adicionalmente, es importante garantizar la disposición de personal técnico que conozca el proceso dentro del equipo auditor.*
22	*Diseño del programa de gestión de seguridad de procesos bajo la norma OSHA 29 CFR 1910.119 para químicos altamente peligrosos en la industria de alimento*	*Bryan A Buitrago Cárdenas, Luis Gabriel Rodríguez Villamizar y Edwin José Herrera Libardo*	*Universidad ECCI*	*2021*	*Aunque en Colombia no existe actualmente legislación específica en materia de seguridad de procesos, las regulaciones actuales dan argumentos suficientes para considerar medidas orientadas a la prevención de accidentes de proceso. Finalmente, aunque son pocos los químicos usados en los procesos alimentarios, siempre existe la posibilidad de ocurrencia de estoa accidentes.*
23	*Implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos PSM, basados en las directrices del CCPS (CCPS Risk Based Process Safety, RBPS 2007)*	*Iván Diaz D.*	*ABS Group Colombia S.A.S*	*2018*	*Mejora continua con cultura y liderazgo permite mantener una planta segura y libre de accidentes catastróficos. Los entrevistados estuvieron de acuerdo con la afirmación de que el nivel de madurez de la cultura de seguridad influirá en la adecuación y efectividad de las diferentes mejoras de seguridad de proceso.* *Es imprescindible cambiar la cultura de la empresa, empezando por la de la dirección. Una planta de procesos que está convencida que la dirección apoya la seguridad de*

No.	*Título*	*Autor*	*Editorial*	*Año*	*Notas y comentarios relevantes desde la estrategia*
					procesos tiende a hacer las cosas correctas, de la manera correcta, en el momento correcto, incluso cuando nadie mira. Este modelo de gestión de seguridad de procesos es necesario integrarlo con los sistemas de gestión existentes, ya que hay elementos comunes que se pueden enfocar de manera global.
24	*Análisis cuantitativo de riesgos tecnológicos en el manejo de sustancias peligrosas a nivel empresarial en Santo Domingo*	*Saily Cárdenas Martínez*	*Universidad Central Martha Abreu de las Villas*	*2019*	*Es imprescindible realizar la elección de la metodología adecuada al proceso para el análisis de riesgos tecnológicos, dado a que este es un factor esencial en el proceso de identificación de brechas.*
25	*Stakeholder outreach on process safety for process industry using risk based approaches*	*Siti Nur Balqis Fauzi Rahman Jayaraman, Azmi Mohd Shariff y Dzulkarnain Zaini*	*Universiti Teknologi*	*2019*	*La implementación del programa de alcance a las partes interesadas en la industria de procesos, es crucial para reducir el impacto de los accidentes mayores a las partes interesadas.*
26	*Effective KPI setting to process safety management system in design phase for oil and gas plant projects*	*Masayuki Tanabe y Atsumi Miyake*	*Chemical Engineering Transactions*	*2019*	*En este artículo, se propone la fase de diseño PS-KPI y se discuten algunas medidas clave para mejorar el desempeño de la gestión de la seguridad del proceso de la fase de diseño. Comprender los principios para la gestión de la seguridad del proceso en la fase de diseño y las medidas sensibles clave que afectan su desempeño, como se analiza en este artículo, es el elemento clave para mejorar el desempeño de la gestión de la seguridad del proceso en la fase de diseño.*

Fuentes: Adaptación hecha por el autor desde fuentes diversas como se indica

Sistematización de hallazgos y análisis de resultados del cuestionario

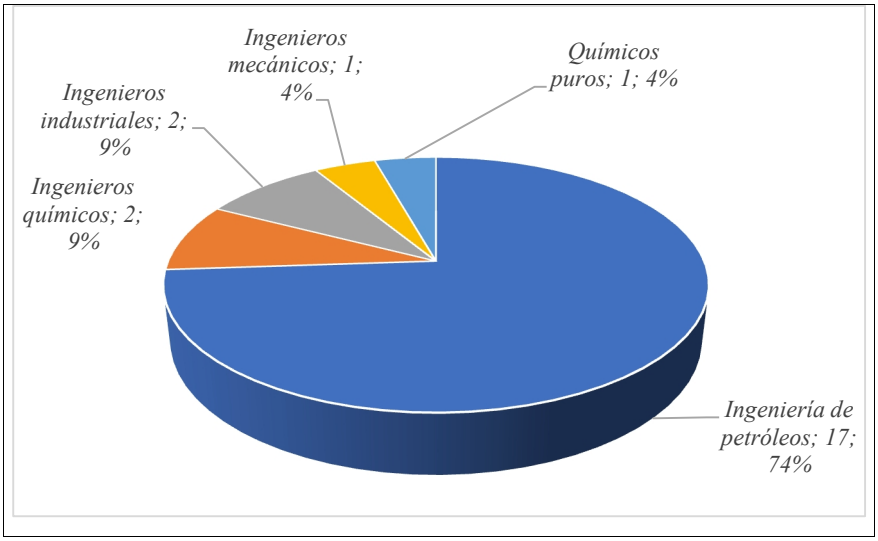
El cuestionario fue corrido durante los meses de febrero y marzo del año 2021, y aunque no se consideraba incorporarlo dentro del presente trabajo de investigación, se observó que las opiniones y expectativas de los profesionales participantes de la misma, puede constituirse en un referente importante durante la elaboración de la guía metodológica para la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en el sector petrolero, debido principalmente al conocimiento y experiencia que buena parte de los profesionales participantes en el cuestionario poseen en el sector hidrocarburos y en la aplicabilidad de las metodologías de seguridad de procesos.

Sección 1, información general de los participantes. En la Gráfica 31, se puede evidenciar que el 74% de los profesionales participantes tienen como profesión base la ingeniería de petróleos, mientras que los ingenieros químicos e industriales corresponden al 9% cada uno, y

finalmente, mientras que el 8% restando se distribuye en partes iguales en profesiones como ingeniería mecánica y químicos puros, todas estas disciplinas importantes en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos, las cuales aportan desde su conocimiento y experiencia.

Gráfica 31

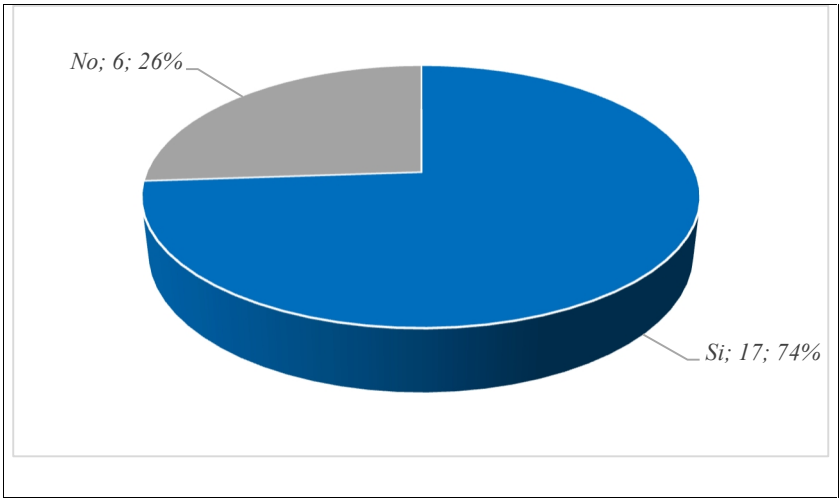
Profesión base vs número de profesionales



Fuente: Autor

Gráfica 32

Estudios de post-grado de los profesionales participantes



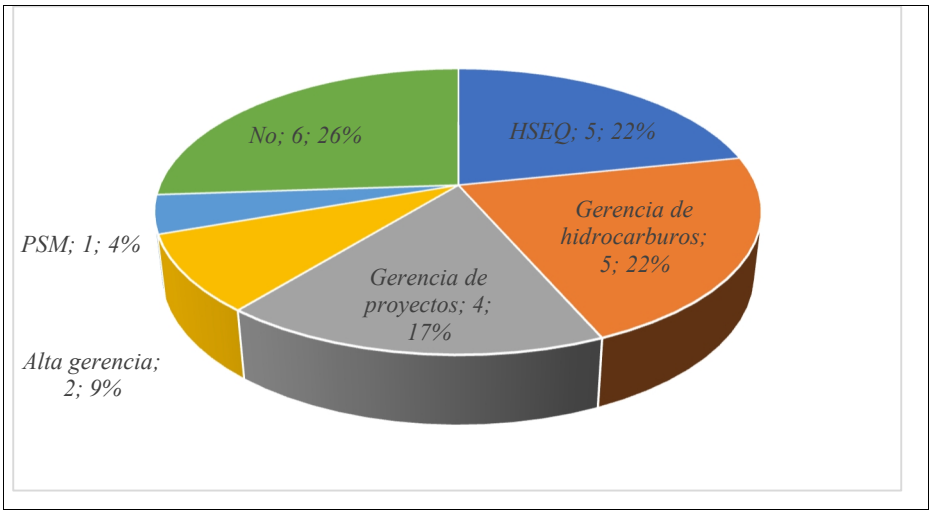
Fuente: Autor

En la Gráfica 32 se observa que el 74% de los profesionales participantes poseen como mínimo algún estudio de post-grado, por otro lado, el 26% restante no han realizado estudios de post-grado.

En la Gráfica 33, se observa que los estudios de post-grado realizados por los participantes de mayor a menor corresponden a HSEQ, por sus siglas del inglés Salud, Seguridad, Ambiente y Calidad y Gerencia de hidrocarburos, cada una con 22%, Gerencia de proyectos con 17%, Alta gerencia con 9%, Seguridad de procesos y control de pérdidas 4%.

Gráfica 33

Especialidad de post-grado vs número de profesionales



Fuente: Autor

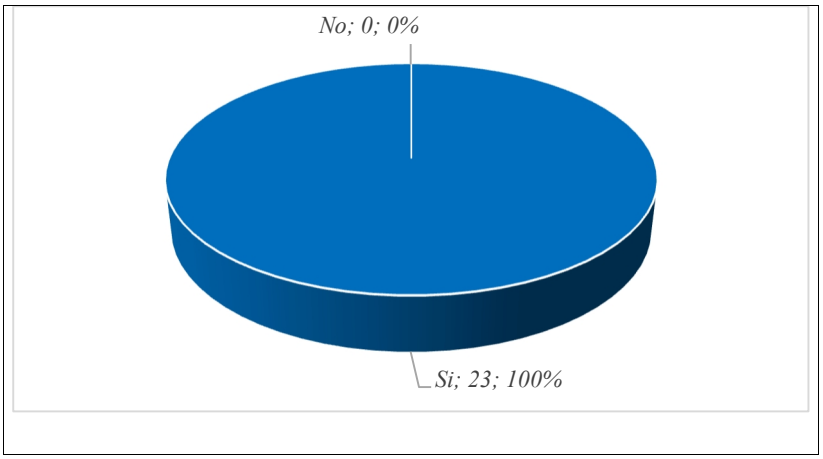
En la Gráfica 34 se observa que el 100% de los participantes en la encuesta ha laborado en el sector petrolero.

En la Tabla 57 se observa que de mayor a menor el 47,8% de los participantes cuenta con experiencia entre 10 y 20 años relaciona con procesamiento de Petróleo >= 15 ºAPI, el 39,1% cuenta con experiencia entre 5 y 10 años relaciona con procesamiento de Crudo pesado entre 10 y 15 ºAPI, el 34,8% cuenta con experiencia menor a 5 años relaciona con procesamiento de Crudo extrapesado <= 10 ºAPI, el 26,1% cuenta con experiencia menor a 5 años relaciona con procesamiento de Gas natural >= 15 ºAPI. Se evidencia que la experiencia más representativa de

los profesionales participantes es menor a los 20 años, mientras que una minoría tiene una experiencia superior a los 20 años, tan solo un 4,3% de los profesionales manifestó tener una experiencia superior a los 30 años en operaciones de procesamiento de Gas natural, por lo cual la experiencia con el procesamiento de este hidrocarburo es un factor diferenciador en los profesionales del sector. Por otro lado, el hidrocarburo con el que menos han tenido experiencia es con el Crudo extrapesado en un 47,8% de los casos, y en segunda medida, con el Gas natural en un 30,4% de los casos. La categoría "otro" fue referida por una minoría (13%).

Gráfica 34

Profesionales que han laborado en el sector petrolero



Fuente: Autor

En la Gráfica 34 se observa que el 100% de los participantes en la encuesta ha laborado en el sector petrolero.

En la Tabla 57 se observa que de mayor a menor el 47,8% de los participantes cuenta con experiencia entre 10 y 20 años relaciona con procesamiento de Petróleo >= 15 ºAPI, el 39,1% cuenta con experiencia entre 5 y 10 años relaciona con procesamiento de Crudo pesado entre 10 y 15 ºAPI, el 34,8% cuenta con experiencia menor a 5 años relaciona con procesamiento de Crudo extrapesado <= 10 ºAPI, el 26,1% cuenta con experiencia menor a 5 años relaciona con procesamiento de Gas natural >= 15 ºAPI. Se evidencia que la experiencia más representativa de los profesionales participantes es menor a los 20 años, mientras que una minoría tiene una experiencia superior a los 20 años, tan solo un 4,3% de los profesionales manifestó tener una

experiencia superior a los 30 años en operaciones de procesamiento de Gas natural, por lo cual la experiencia con el procesamiento de este hidrocarburo es un factor diferenciador en los profesionales del sector. Por otro lado, el hidrocarburo con el que menos han tenido experiencia es con el Crudo extrapesado en un 47,8% de los casos y en segunda medida con el Gas natural en un 30,4% de los casos. La categoría "otro" fue referida por una minoría (13%).

Tabla 57

Experiencia de los participantes en términos de los tipos de hidrocarburos

Hidrocarburo	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Gas natural	*26,1%*	*13%*	*13%*	*13%*	*4,3%*	*30,4*
Petróleo (>=15 ºAPI)	*4,3%*	*21,7%*	*47,8%*	*17,4%*	*0%*	*8,7%*
Crudo pesado (10-15 ºAPI)	*17,4%*	*39,1%*	*21,7%*	*4,3%*	*0%*	*17,4%*
Crudo extrapesado (<=10 ºAPI)	*34,8%*	*13%*	*0%*	*4,3%*	*0%*	*47,8%*
Otro	*4,3%*	*4,3%*	*0%*	*4,3%*	*0%*	*87%*

Fuente: Autor

En la Tabla 58 se observa que de mayor a menor, el 52,2% de los participantes cuenta con experiencia entre 10 y 20 años con compañías operadoras, el 30,4% cuenta con experiencia entre 5 y 10 años con compañías de servicios, el 26,1% cuenta con experiencia entre 10 y 20 con compañías de servicios, el 21,7% cuenta con experiencia menor a 5 años con compañías de servicios. Se evidencia que la experiencia más representativa de los profesionales participantes es menor a los 20 años, mientras que una minoría tiene una experiencia superior a los 20 años, tan solo un 4,3% de los profesionales manifestó tener una experiencia superior a los 30 años en compañías operadoras. Por otro lado, las compañías del sector en las que menos han laborado los profesionales participantes son: organizaciones gubernamentales en un 91,3% de los casos e instituciones educativas en un 73,9% de los casos. La categoría "otro" fue referida por una minoría (8,7%).

Tabla 58

Experiencia de los profesionales en términos del tipo de compañía u organización

Compañía	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Servicios	*21,7%*	*30,4%*	*26,1%*	*8,7%*	*0%*	*13%*

Compañía	*<5 Años*	*5-10 Años*	*10-20 Años*	*20-30 Años*	*>30 Años*	*No*
Operadora	*13%*	*8,7%*	*52,2%*	*8,7%*	*4,3%*	*13%*
Gubernamental	*8,7%*	*0%*	*0%*	*0%*	*0%*	*91,3%*
Institución educativa	*17,4%*	*4,3%*	*4,3%*	*0%*	*0%*	*73,9%*
Otra	*0%*	*8,7%*	*0%*	*0%*	*0%*	*91,3%*

Fuente: Autor

En la Tabla 59 se observa que de mayor a menor, el 30,4% de los participantes cuenta con experiencia menor a 5 años en actividades de Exploración, el 26,1% cuenta con experiencia entre 20 y 30 años en actividades de Perforación y completamiento de pozos, el 26,1% cuenta con experiencia entre 5 y 10 años en actividades de Intervención y servicios a pozos, el 21,7% cuenta con experiencia entre 10 y 20 en actividades de Perforación y completamiento de pozos, el 21,7% cuenta con experiencia entre 10 y 20 años en actividades de Intervención y servicios a pozos. Se evidencia que la experiencia más representativa de los profesionales participantes es menor a los 20 años, mientras que una minoría tiene una experiencia superior a los 20 años, tan solo un 4,3% de los profesionales manifestó tener una experiencia superior a los 30 años en compañías operadoras.

Por otro lado, las actividades del sector petrolero en las que menos han laborado los profesionales participantes son: Operaciones de refinación y petroquímica con un 82,6% de los casos, y Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización con un 69,6% de los casos. La categoría “otro” fue referida por una minoría (13%).

Tabla 59

Experiencia en términos de la actividad específica que ha desempeñado el profesional

Actividad	*<5 Años*	*5-10 Años*	*10-20 Años*	*20-30 Años*	*>30 Años*	*No*
Exploración	*30,4%*	*4,3%*	*8,7%*	*8,7%*	*0%*	*47,8%*
Perforación, completamiento y/o servicios	*17,4%*	*17,4%*	*21,7%*	*26,1%*	*0%*	*17,4%*
Intervención y servicios a pozos	*21,7%*	*26,1%*	*21,7%*	*8,7%*	*0%*	*21,7%*
Construcción de facilidades de producción	*13%*	*13%*	*13%*	*0%*	*0%*	*60,9%*
Operaciones de producción,	*13%*	*17,4%*	*13%*	*8,7%*	*4,3%*	*43,5%*

Actividad	*<5 Años*	*5-10 Años*	*10-20 Años*	*20-30 Años*	*>30 Años*	*No*
mantenimiento y tratamiento químico						
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización	*8,7%*	*13%*	*4,3%*	*4,3%*	*0%*	*69,6%*
Operaciones de refinación y petroquímica	*8,7%*	*8,7%*	*0%*	*0%*	*0%*	*82,6%*
Otra	*4,3%*	*8,7%*	*0%*	*0%*	*0%*	*87%*

Fuente: Autor

En la Tabla 60 se observa que de mayor a menor, el 34,8% de los participantes cuenta con experiencia entre 10 y 20 años en los procesos Operativos y propios del negocio, el 21,7% cuenta con experiencia entre 20 y 30 años en los procesos Operativos y propios del negocio, el 17,4% cuenta con experiencia entre 5 y 10 años en los procesos Administrativos y estratégicos, el 17,4% cuenta con experiencia menor a 5 años en los procesos Administrativos y estratégicos, el 17,4% cuenta con experiencia menor a 5 años en los procesos Operativos y propios del negocio, el 17,4% cuenta con experiencia entre 10 y 20 años en los procesos de Soporte (HSEQ y PSM). Se evidencia que la experiencia más representativa de los profesionales participantes es menor a los 20 años, mientras que una minoría tiene una experiencia superior a los 20 años, tan solo un 4,3% de los profesionales manifestó tener una experiencia superior a los 30 años en compañías operadoras. Por otro lado, los procesos del sector petrolero en las que menos han laborado los profesionales participantes son: Soporte con un 60,9% de los casos, y Administrativos y estratégicos con un 69,6% de los casos. La categoría "otro" fue referida por una minoría (13%).

Tabla 60

Experiencia en términos de los procesos organizacionales en los que han laborado los profesionales

Categoría	*<5 Años*	*5-10 Años*	*10-20 Años*	*20-30 Años*	*>30 Años*	*No*
Administrativos y estratégicos	*17,4%*	*17,4%*	*8,7%*	*4,3%*	*0%*	*52,2%*
Operativos y propios del negocio	*17,4%*	*8,7%*	*34,8%*	*21,7%*	*4,3%*	*13%*

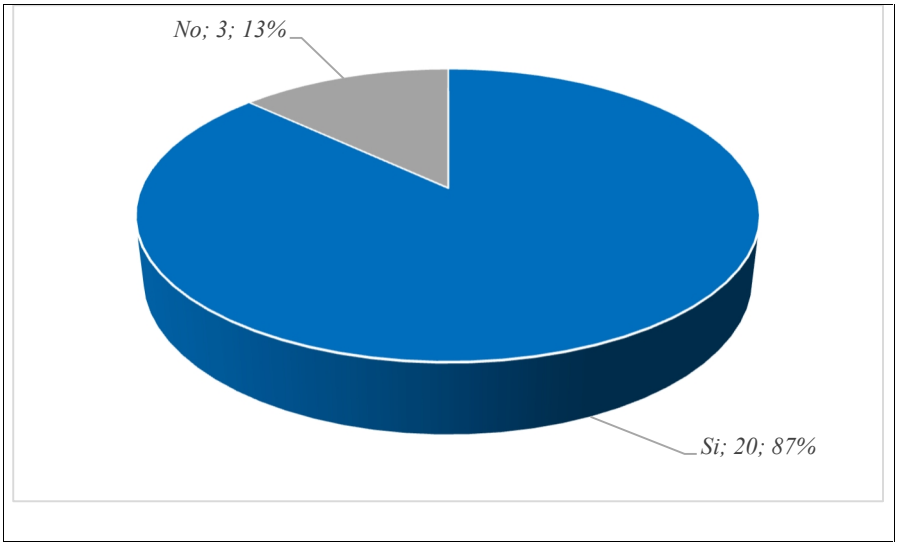
Soporte (RRHH, HSEQ, PSM, Mtto, etc)	*8,7%*	*4,3%*	*17,4%*	*4,3%*	*4,3%*	*60,9%*
Otra	*4,3%*	*4,3%*	*4,3%*	*0%*	*0%*	*87%*

Fuente: Autor

Sección 2, gestión de los riesgos de procesos industriales (PSM). En la Gráfica 35, se evidencia que el 87% de los profesionales participantes manifiesta tener algún grado de conocimiento de los sistemas de gestión de seguridad de procesos para gestionar los riesgos de los procesos industriales, mientras que un 13% manifiesta no tener tal conocimiento.

Gráfica 35

Profesionales participantes que tienen conocimiento de algún sistema de gestión de seguridad de procesos



Fuente: Autor

En la Tabla 61 se observa que de mayor a menor, el 65,2% de los participantes considera tener un conocimiento muy básico de las metodologías del Energy institute y la Directiva seveso III, el 56,5% de los participantes considera tener un conocimiento muy básico de la metodología RBPS del CCPS, el 34,8% de los participantes considera tener un conocimiento muy básico de la metodología API RP 75, el 26,1% de los participantes considera tener un conocimiento avanzado de la metodología US OSHA – EPA. Por tanto, las metodologías más conocidas en su orden descendente son: API RP 75, US OSHA – EPA y RBPS. La categoría “otro” referida por una

minoría de los participantes (13%) relaciona metodologías muy poco conocidas y aplicadas en el sector petrolero.

Tabla 61

Nivel de conocimiento de los profesionales con respecto a algunas de las metodologías de seguridad de procesos

Metodología	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
PSM (US OSHA - EPA)	*26,1%*	*21,7%*	*17,4%*	*26,1%*	*8,7%*
RBPS - CCPS	*56,5%*	*13%*	*8,7%*	*17,4%*	*4,3%*
Energy institute - UK	*65,2%*	*17,4%*	*4,3%*	*8,7%*	*4,3%*
Directiva seveso III	*65,2%*	*17,4%*	*8,7%*	*8,7%*	*0%*
API RP 75	*34,8%*	*21,7%*	*13%*	*17,4%*	*13%*
Otra	*87%*	*0%*	*0%*	*13%*	*0%*

Fuente: Autor

En la Tabla 62 se observa que de mayor a menor, el 95,2% de los participantes considera altamente relevante la implantación de alguna metodología de seguridad de procesos en Operaciones de refinación y petroquímica, el 82,61% de los participantes considera altamente relevante la implantación de alguna metodología de seguridad de procesos en Operaciones de construcción de facilidades de producción, el 78,3% de los participantes considera altamente relevante la implantación de alguna metodología de seguridad de procesos en Operaciones de perforación y completamiento, así como, en Operaciones de intervención y servicios a pozo, el 73,9% de los participantes considera altamente relevante la implantación de alguna metodología de seguridad de procesos en Operaciones de producción y mantenimiento, y el 69,6% de los participantes considera altamente relevante la implantación de alguna metodología de seguridad de procesos en Operaciones de transferencia bajo custodia, así como, Operaciones de exploración.

Por otro lado, un porcentaje superior al 95% coincide en que la implantación de un sistema de gestión de seguridad de procesos en Operaciones de producción y mantenimiento es alta a muy altamente relevante. La categoría “otro” fue referida por un 21,7%, en Operaciones de producción y manejo de gas, así como, en Operaciones costa afuera.

Tabla 62

Nivel de importancia de implementar metodologías de seguridad de procesos por actividad del sector petrolero

Actividad	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Exploración	*8,7%*	*8,7%*	*0%*	*13%*	*69,6%*
Perforación, completamiento y/o servicios	*0%*	*0%*	*4,3%*	*17,4%*	*78,3%*
Intervención y servicios a pozos	*0%*	*4,3%*	*4,3%*	*13%*	*78,3%*
Construcción de facilidades de producción	*4,3%*	*0%*	*4,3%*	*8,7%*	*82,6%*
Operaciones de producción, mantenimiento y tratamiento químico	*0%*	*0%*	*4,3%*	*21,7%*	*73,9%*
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización	*0%*	*4,3%*	*4,3%*	*21,7%*	*69,6%*
Operaciones de refinación y petroquímica	*0%*	*0%*	*0%*	*4,3%*	*95,7%*
Otra	*78,3%*	*0%*	*0%*	*0%*	*21,7%*

Fuente: Autor

En la Tabla 63 se observa que de mayor a menor, el 47,8% de los participantes considera que se debería implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos en Operaciones de exploración, mientras que el 43,5% de los participantes considera que se debería implementar en Operaciones de producción y mantenimiento, y el 39,1% de los participantes considera que se debería implementar en Operaciones de construcción de facilidades de producción, así como, en Operaciones de refinación y petroquímica; el 34,8% de los participantes considera que se debería implementar un PSM conforme a US OSHA - EPA, así como, un API RP 75 en Operaciones de perforación y completamiento de pozos, y en Operaciones de intervención a pozos, de igual manera un 34,6% considera que se debería implementar un PSM conforme a US OSHA – EPA en Operaciones de transferencia bajo custodia.

Por otro lado, un porcentaje del 87% considera que se debería implementar cualquiera de las metodologías propuestas en Operaciones de producción y mantenimiento, a diferencia del porcentaje bajo del 13% restante, quienes consideran que “No aplica”, el 21,7% considera que las metodologías propuestas “No aplican” en Operaciones de exploración. La categoría “otro” fue referida por un 21,7%, en operaciones de producción y manejo de gas, así como, operaciones

costa afuera.

Tabla 63

Metodologías para la gestión de los riesgos de procesos industriales por actividad del sector petrolero

Actividad	*PSM*	*RBPS*	*Energy institute*	*Seveso III*	*API RP 75*	*Otra 2*	*No aplica*
Exploración	*47,8%*	*13%*	*0%*	*0%*	*17,4%*	*0%*	*21,7%*
Perforación, completamiento y/o servicios	*34,8%*	*13%*	*4,3%*	*0%*	*34,8%*	*0%*	*13%*
Intervención y servicios a pozos	*34,8%*	*13%*	*4,3%*	*0%*	*34,8%*	*0%*	*13%*
Construcción de facilidades de producción	*39,1%*	*13%*	*8,7%*	*0%*	*26,1%*	*0%*	*13%*
Operaciones de producción, mantenimiento y tratamiento químico	*43,5%*	*8,7%*	*8,7%*	*4,3%*	*21,7%*	*0%*	*13%*
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización	*34,8%*	*8,7%*	*13%*	*0%*	*26,1%*	*0%*	*17,4%*
Operaciones de refinación y petroquímica	*39,1%*	*13%*	*8,7%*	*0%*	*21,7%*	*0%*	*17,4%*
Otra 1	*0%*	*0%*	*4,3%*	*0%*	*0%*	*0%*	*95,7%*

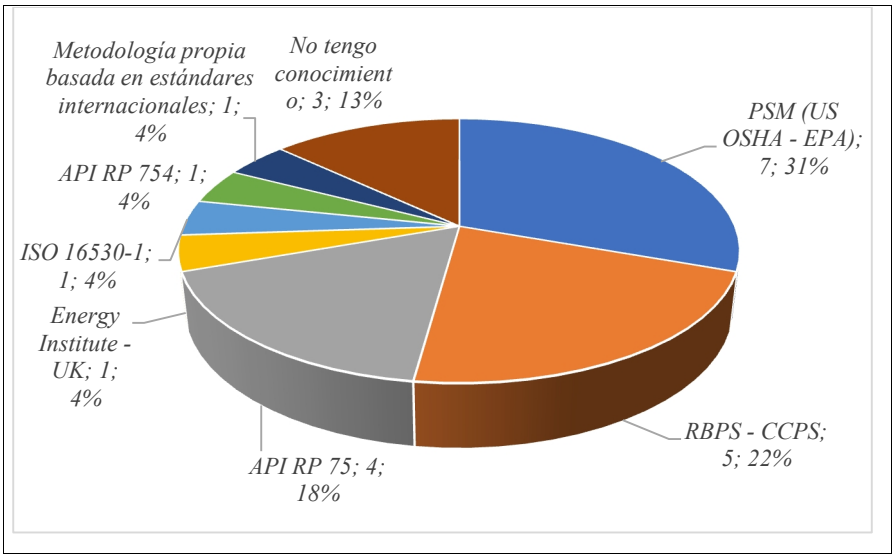
Fuente: Autor

En la categoría considerada como “otra 1”, una minoría (4,3%) indicó “Operaciones de producción y manejo de gas” apoyado por su conocimiento y experiencia; sin embargo, dentro de la categoría “otra 2”, no se indicó ninguna otra metodología de seguridad de procesos diferente a las mencionadas en el cuestionario. Inclusive otra minoría (4,3%), a pesar de no estar familiarizado con las metodologías de seguridad de procesos reconoció la importancia que tienen en el sector petrolero.

En la Gráfica 36 se evidencia que las metodologías propuestas por los participantes para implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos, en su orden de importancia son: US OSHA – EPA en un 31%, RBPS - CCPS en un 22%, API RP 75 en un 18%, el resto de las metodologías propuestas por los participantes estuvo por debajo del 5%, por otro lado, el 13%, es decir, tres (3) de los participantes manifestó no conocer tales metodologías.

Gráfica 36

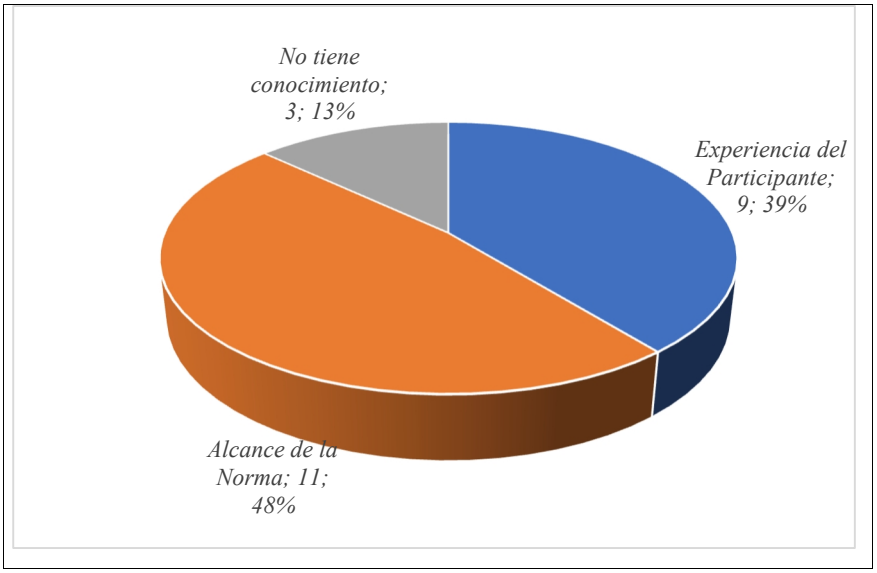
Metodologías propuestas por los participantes para implementar un sistema para gestionar los riesgos de procesos en el sector petrolero



Fuente: Autor

Gráfica 37

Justificaciones que motivaron a recomendar las metodologías de seguridad de procesos



Fuente: Autor

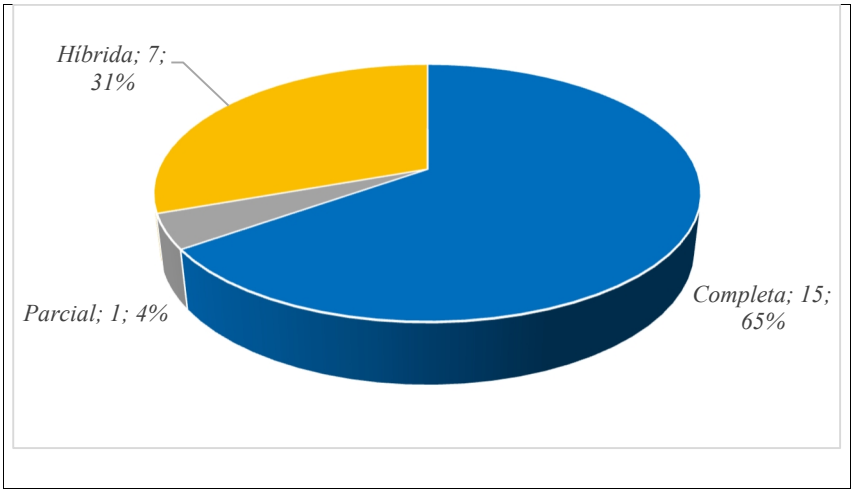
De conformidad con la Gráfica 37 las justificaciones por las que los participantes en el cuestionario propusieron las metodologías para gestionar los riesgos de procesos de la Gráfica

36, se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Basado en la "Experiencia del Participante" (39,1%), debido a la experiencia propia en el sector petrolero le ha permitido algún grado de familiaridad con la metodología, o inclusive porque la metodología se encuentra implantada en la organización para la cual labora,
- Basado en el "Alcance de la Norma" (47,8%), en la cual se evidencia una mayor grado familiaridad y conocimiento con la metodología en particular, engloba argumentos tales como "Es la más adecuada para la industria de los hidrocarburos", "Toma en cuenta una mayor cantidad de elementos para la seguridad de procesos", "Benchmarking con empresas del sector hidrocarburos", "Conocimiento y experiencia de la organización normalizadora", "Es un sistema de gestión que cubre todas las modalidades de operación, y es muy completa para las diferentes áreas", y
- Finalmente, los participantes que aducen no estar familiarizados (13,1%), ni tener conocimiento de las metodologías, sin embargo, consideran pertinente e importante su implementación en las actividades del sector petrolero.

Gráfica 38

Nivel de implementación de las metodologías de seguridad de procesos propuestas



Fuente: Autor

En la Gráfica 38 se puede evidenciar que el 64,7% de los participantes en el cuestionario considera que la implantación de la metodología propuesta debería hacerse de forma completa, a

diferencia con tan solo un 4,3% que debería hacerse de forma parcial. Por otro lado, el 31% considera que es posible implantar requisitos de varias metodologías conformando un "híbrido", es decir, un sistema para gestionar los riesgos del proceso conformado por requisitos de varias metodologías.

De conformidad con los requisitos más relevantes propuestos por los participantes y consolidados en la Tabla 33. Con base en los requisitos propuestos por los participantes y de conformidad con los objetivos del estudio, se hizo una verificación a partir de los requisitos de la metodología de seguridad de procesos basada en riesgos del CCPS, y la frecuencia con que cada uno de estos requisitos se propuso, información relaciona en la Tabla 64.

Tabla 64

Número de veces que los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos fueron propuestos por los participantes

	Pilares RBPS	***Requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos-RBPS***	***# de particpantes***	***Porcentaje (%)***
Variables Dependientes	***Compromiso con la seguridad de procesos:***	*(1) Cultura de la seguridad de procesos*	*8*	*3,5*
		(2) Cumplimiento de estándares	*9*	*3,9*
		(3) Competencia en seguridad de procesos	*8*	*3,5*
		(4) Involucramiento de trabajadores	*7*	*3,0*
		(5) Alcance a partes interesadas	*7*	*3,0*
	Comprensión de peligros y riesgos:	*(6) Gestión del conocimiento del proceso*	*14*	*6,1*
		(7) Identificación de peligros y análisis de riesgos	*15*	*6,5*
	Gestión del riesgo:	*(8) Procedimientos operativos*	*16*	*6,9*
		(9) Prácticas de trabajo seguro	*14*	*6,1*
		(10) Integridad y confiabilidad de facilidades	*14*	*6,1*
		(11) Gestión de contratistas	*13*	*5,6*
		(12) Aseguramiento del entrenamiento y desempeño	*14*	*6,1*
		(13) Gestión del cambio	*13*	*5,6*
		(14) Preparación operacional	*13*	*5,6*
		(15) Ejecución de operaciones	*15*	*6,5*
		(16) Gestión de emergencias	*14*	*6,1*
	Aprendizaje a partir de la experiencia:	*(17) Investigación de incidentes*	*8*	*3,5*
		(18) Medición e indicadores	*8*	*3,5*
		(19) Auditorías	*8*	*3,5*
		(20) Revisión de la gestión y mejoramiento continuo	*8*	*3,5*

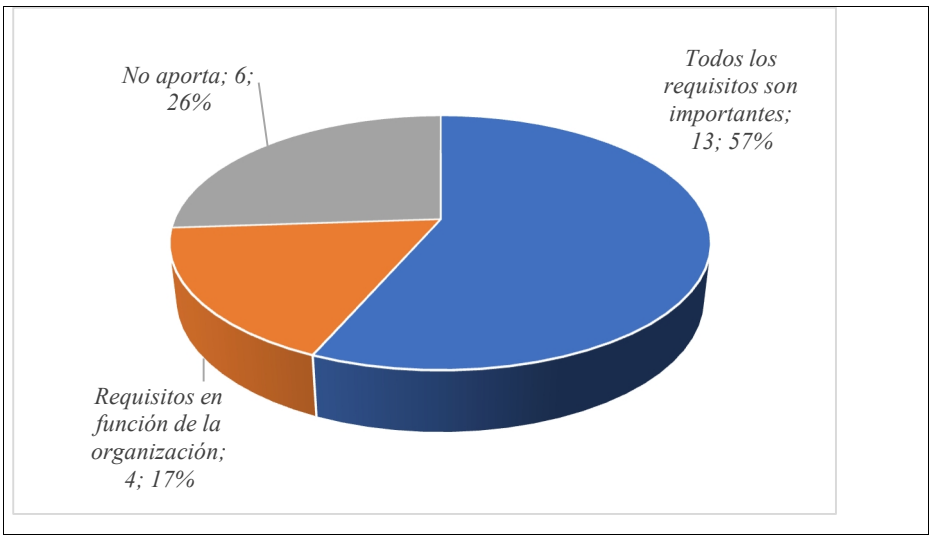
	Otro:	*Calidad, procesos y medio ambiente*	*3*	*1,3*
		Desempeño en HSE y requerimientos de HSE	*1*	*0,4*
		Liderazgo, compromiso y responsabilidad	*1*	*0,4*

Fuente: Autor

De acuerdo con los valores porcentuales calculados, y considerando que a partir del 3,0% inclusive de participación, el requisito específico es susceptible de considerarse como un candidato para hacer parte del sistema de gestión, se observa y ratifica que todos los requisitos del sistema de gestión propuesto por el CCPS, denominado seguridad de procesos basada en riesgos, requiere todos sus elementos para implementarse; es decir, el sistema de gestión debería implementar de forma completa, adicionalmente, se debería considerar un requisito relacionado con "Calidad y medio ambiente", uno con "Desempeño y requerimientos de HSE" y otro con "Liderazgo, compromiso y responsabilidad".

Gráfica 39

Requisitos para la implementación de la metodología de seguridad de procesos propuesta



Fuente: Autor

Finalmente, de conformidad con la Gráfica 39 los profesionales que participan en el cuestionario no especifican requisitos a "no implementar". Sus respuestas se pueden agrupar como se indica a continuación:

- Quienes consideran que "todos" los requisitos son importantes (54,2%), indican que se debería implementar la metodología PSM propuesta de forma completa y sin descartar

ningún requisito, debido a la importancia que tiene cada uno de estos,

- Quienes sugieren que los requisitos están en función de un análisis de la organización (17,4%), consideran que los elementos a implantar deben obedecer a un análisis de las condiciones de la empresa bajo estudio, es así como, en función de los resultados se determinan cuáles elementos aplican y cuáles no. Este proceso igualmente se debería apoyar en el aprendizaje a partir de la experiencia adquirida por la organización, y
- Finalmente, los participantes que no aportan (26,1%), y no hacen comentarios relevantes.

Sistematización de hallazgos y análisis de resultados de la entrevista

A partir de los resultados obtenidos durante la realización de la entrevista, se relaciona a continuación la sistematización y análisis correspondiente, con el objeto de obtener criterios relevantes para la determinación de los factores estratégicos organizacionales, así como, para llevar cabo la caracterización de las organizaciones del sector petrolero. Para la sistematización y análisis se mantendrá la misma estructura de la presentación de los resultados.

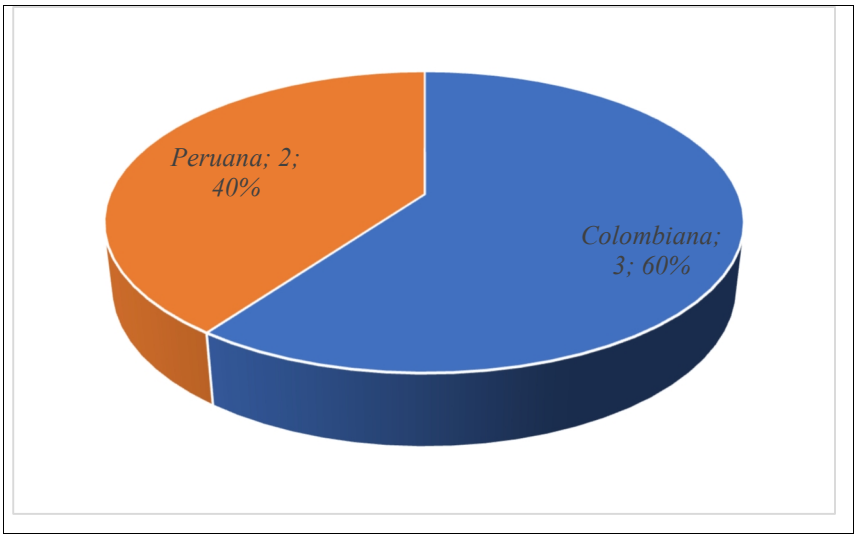
Sección 1, información del trabajo de investigación. En esta primera sección de la entrevista como se indicó previamente, no hay resultados específicos para presentar.

Sección 2, desarrollo de la entrevista. Los resultados obtenidos en esta sección permiten básicamente caracterizar la población de expertos entrevistada. Los resultados obtenidos se relacionan a continuación.

En la Gráfica 40 se evidencia que el 60% de los profesionales entrevistados son colombianos, mientras que el 40% restante son de nacionalidad peruana. Para la realización del ejercicio se pretendió incluir profesionales de varias nacionalidades de latinoamérica, sin embargo, los profesionales peruanos y colombianos fueron quienes manifestaron su disposición para participar en la entrevista. Es importante anotar que actualmente Perú a nivel de suramérica es el único país que cuenta con reglamentación relacionada con seguridad de los procesos industriales.

Gráfica 40

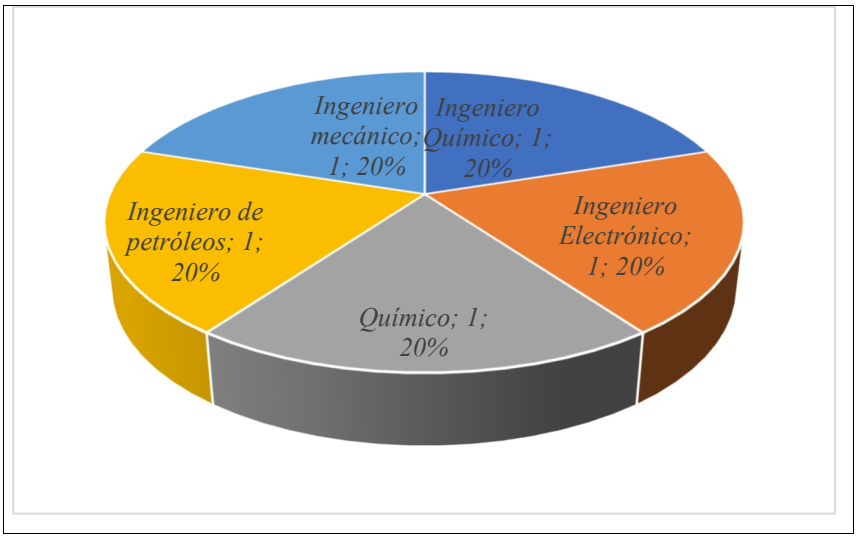
Nacionalidad vs número de profesionales



Fuente: Autor

Gráfica 41

Profesión base vs número de profesionales



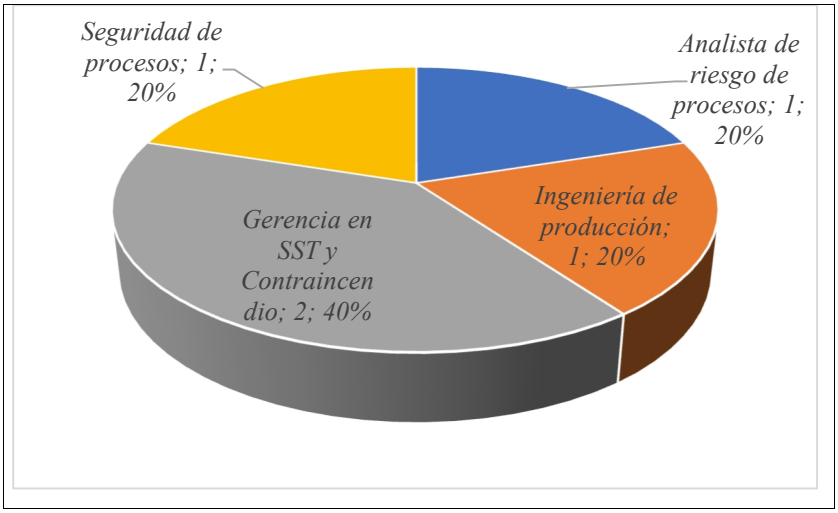
Fuente: Autor

En la Gráfica 41 se evidencia que los profesionales entrevistados pertenecen a diferentes disciplinas, este es un aspecto importante durante la planeación y el diseño del sistema de gestión de seguridad de procesos, ya que la percepción de cada profesional a partir de su conocimiento y experiencia hace más enriquecedor el proceso.

En la Gráfica 42 se evidencia que las especialidades de los profesionales es diversa, lo cual permite una mejor percepción de las necesidades organizacionales desde diferentes puntos de vista; 40% de los especialistas son del área de SST y Gestión de Emergencias, 20% de Ingeniería de producción, 20% Analista de riesgos de proceso y 20% de la Especialidad de seguridad de procesos. Las especialidades participantes en la entrevista son totalmente afines al objetivo del ejercicio.

Gráfica 42

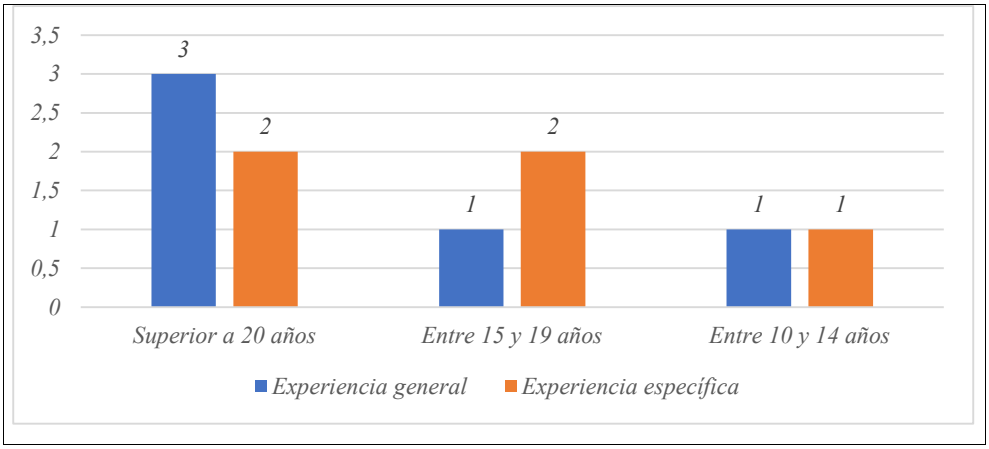
Especialidad vs número de profesionales



Fuente: Autor

Gráfica 43

Experiencia general y específica de los profesionales



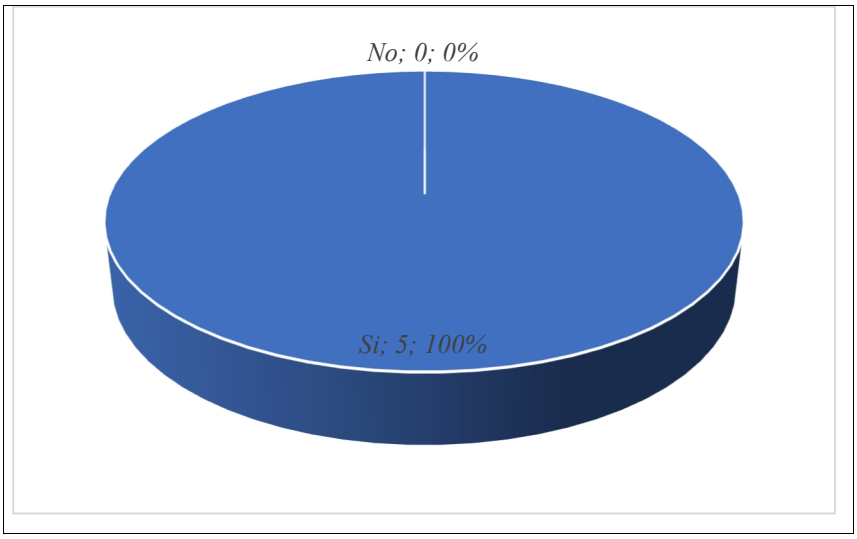
Fuente: Autor

En la Gráfica 43 se muestra la amplia experiencia que tienen los profesionales que participaron en el ejercicio académico, evidenciándose que todos cuentan con experiencia superior a los 14 años, un aspecto que al igual que el conocimiento le imparte bastante credibilidad al ejercicio, y en consecuencia, a los resultados.

La Gráfica 44 evidencia que el 100% de los profesionales participantes en la entrevista consideran que el sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos - RBPS del CCPS es completamente aplicable a las organizaciones del sector petrolero.

Gráfica 44

Si o No a pregunta sobre aplicabilidad del RBPS



Fuente: Autor

En cuanto a la pregunta, ¿Por qué?, complementaria a la pregunta anterior, para conocer las razones por las que los profesionales expertos consideran que la implementación un RBPS es pertinente e importante para el sector petrolero. A continuación se relaciona la interpretación que hace el investigador acerca de las razones:

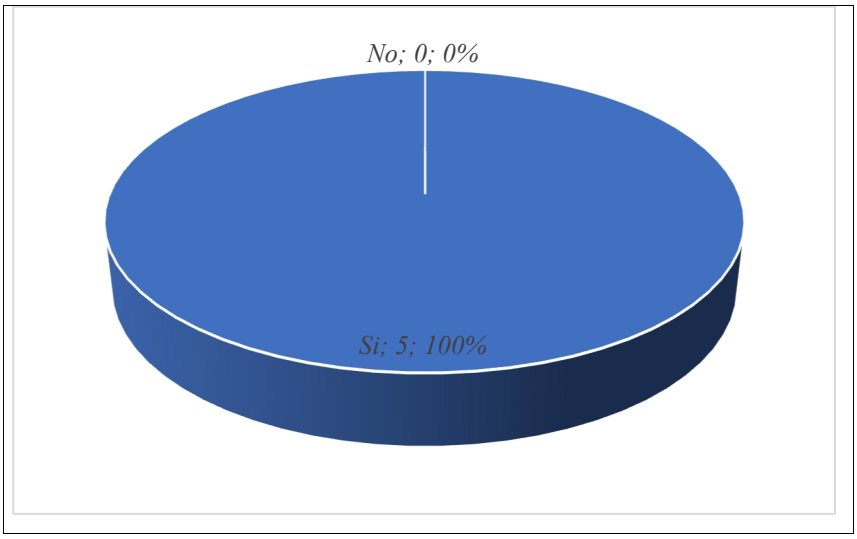
- Experiencias previas exitosas de organizaciones del sector petrolero en Colombia,
- Requisitos y prácticas a partir de sistemas de gestión que tienen elementos comunes, que lo hacen integrable,
- Responsabilidad técnica y moral del sector petrolero por los riesgos que esta operación genera, y

- La contribución que tiene la gestión de los riesgos de proceso hacia la mejora de la gestión de seguridad y salud en el trabajo, y ambiental, así como, al desempeño operacional.

La Gráfica 45 evidencia que el 100% de los participantes en la entrevista considera que en efecto existen factores estratégicos al interior de las organizaciones del sector petrolero que determinan la forma de diseñar e implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos - RBPS del CCPS.

Gráfica 45

Si o No a pregunta sobre la existencia de factores estratégicos que determinan la implantación del RBPS



Fuente: Autor

Complementariamente a la pregunta anterior, los siguientes factores resultan de la interpretación que hace el investigador a los factores adicionales propuestos por los expertos, estos son:

- Cumplimiento de regulaciones y requisitos legales en materia de seguridad de procesos. Es importante indicar que actualmente en Colombia no se ha ratificado el proyecto de ley sobre el programa de prevención de accidentes mayores, sin embargo, al implantar un sistema de gestión de seguridad de procesos este le proporciona valor agregado,
- Continuidad del negocio. La materialización de un evento de esta naturaleza pone en

riesgo este aspecto, así como, la sostenibilidad organizacional.

- Cultura organizacional. La creación de la cultura es un valor organizacional invaluable, que es el resultado del trabajo arduo y a conciencia durante años,
- La experiencia. La cual según los expertos se debería interpretar desde la madurez de la organización, la cual resulta del aprendizaje y la mejora contante, e
- Imagen organizacional. Siendo esta la proyección de los valores organizacionales hacia las partes interesadas, incluyendo las partes internas y externas, permitiéndole alcanzar un prestigio y reconocimiento en su contexto.

Sección 3, factores estratégicos organizacionales propuestos. Esta sección desarrolla la propuesta de los factores estratégicos a partir de la percepción que los expertos consultados tienen acerca de cada uno de estos.

En la Tabla 65 el investigador consolida los resultados obtenidos en la Tabla 43, asignando el valor de "1" con el fin de realizar el conteo de los "Si" y de esta manera lograr obtener un indicador de tipo porcentual. Así mismo, se asigna un valor de "0" a los "No". Un "Si" significa que es un factor estratégico de una organización petrolera que el profesional entrevistado considera determinante a la hora de diseñar e implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS, mientras que un "No", significa que el factor estratégico en cuestión no es considerado por el profesional como determinante a la hora de diseñar e implementar un RBPS.

Tabla 65

Validación de los factores estratégicos propuestos con los expertos participantes

Factor Estratégico Propuesto	***Profesional 1***	***Profesional 2***	***Profesional 3***	***Profesional 3***	***Profesional 4***	***Calificación por factor***
Dominio u Origen Compañía	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	***100%***
Participación de la Compañía	*0*	*1*	*1*	*1*	*1*	***80%***
Estructura Organizacional	*0*	*1*	*0*	*1*	*1*	***60%***
Producción de Petróleo (BPD)	*1*	*1*	*1*	*1*	*0*	***80%***
Clase de Petróleo (API)	*0*	*1*	*0*	*1*	*1*	***60%***
Tamaño (# Trabajadores)	*0*	*1*	*1*	*1*	*1*	***80%***
Madurez de la Organización	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	***100%***
Implementación RBPS - CCPS	*0*	*1*	*1*	*1*	*1*	***80%***

Factor Estratégico Propuesto	*Profesional 1*	*Profesional 2*	*Profesional 3*	*Profesional 3*	*Profesional 4*	*Calificación por factor*
Accidentalidad (# Accidentes)	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	***100%***
Filosofía Operacional	*0*	*1*	*1*	*1*	*1*	***80%***
Calificación del profesional a los factores propuestos	***40%***	***100%***	***80%***	***100%***	***90%***	***82% / 82%***

Fuente: Autor

La Tabla 66 corresponde a la escala que adopta el investigador para efectos de calificar los resultados obtenidos, y de esta manera, facilitar la toma de decisiones con respecto a los factores estratégicos validables durante el proceso, así como, al mismo proceso de validación de instrumento usado, ya que como se indicó en el diseño metodológico, se aplica la técnica Delphi y de hallar discrepancias superiores al 25% en el global de las respuestas, se realizan ajustes al instrumento a partir de las respuestas de dadas por los expertos.

Tabla 66

Escala para validación de los factores estratégicos propuestos con los expertos participantes

Porcentaje	***Nivel de aceptabilidad***	***Interpretación***
86% - 100%	***Muy Alto***	*Ratificado*
71% - 85%	***Alto***	*Validado con algunas mejoras*
51% - 70%	***Medio***	*De probable validación*
0% - 50%	***Bajo***	*Descartado definitivamente*

Fuente: Autor

Como se evidencia, el ejercicio permitió determinar que la “Calificación promedio de los profesionales al global de los factores propuestos”, es del 82%, lo cual coincide con la “Calificación promedio individual hecha por los expertos a cada uno de los factores propuestos”, siendo este un valor catalogado dentro del rasgo considerado como “Alto”, que de conformidad con la escala propuesta por el autor. En este mismo sentido, las discrepancias a las respuestas dadas por los expertos es del 18%, lo cual permite validar sin ajustes adicionales el instrumento y las respuestas.

En la Tabla 67 se relacionada cada uno de los factores estratégicos propuestos y su nivel de aceptabilidad a partir de la entrevista. Tal como se evidencia el 80% de los factores

estratégicos propuestos son aceptados.

Tabla 67

Nivel de aceptabilidad de los factores estratégicos por parte de los expertos participantes

Factor Estratégico Propuesto	***Calificación por factor***	***Nivel de aceptabilidad***	***Interpretación***
Dominio u Origen Compañía	*100%*		*Ratificado*
Participación de la Compañía	*80%*		*Validado*
Estructura Organizacional	*60%*		*Probable*
Producción de Petróleo (BPD)	*80%*		*Validado*
Clase de Petróleo (API)	*60%*		*Probable*
Tamaño (# Trabajadores)	*80%*		*Validado*
Madurez de la Organización	*100%*		*Ratificado*
Implementación RBPS - CCPS	*80%*		*Validado*
Accidentalidad (# Accidentes)	*100%*		*Ratificado*
Filosofía Operacional	*80%*		*Validado*
Calificación ponderada de los profesionales a los factores propuestos	***82%***		***Validado***

Fuente: Autor

La Tabla 68 muestra el nivel de aceptación que los expertos participantes manifestaron con el global de los factores estratégicos propuestos por el autor de la investigación. Tal como se evidencia en el global, más del 80% de estos comparten la percepción del autor.

Tabla 68

Nivel de aceptabilidad por parte de los profesionales de los factores estratégicos propuestos

Profesional	***Calificación del profesional a los factores propuestos***	***Nivel de aceptabilidad***	***Interpretación***
Profesional 1	*40%*		*No valida los factores estratégicos*
Profesional 2	*100%*		*Ratifica la totalidad de los factores*
Profesional 3	*80%*		*Tiene un alto grado de afinidad con los factores propuestos*
Profesional 3	*100%*		*Ratifica la totalidad de los factores*
Profesional 4	*90%*		*Ratifica la totalidad de los factores*
Calificación por factor	***82%***		***Hay un alto grado de afinidad del global con los factores propuestos***

Fuente: Autor

A partir de los comentarios hechos por parte de los profesionales expertos a cada uno de

los factores estratégicos propuestos, se relaciona a continuación la interpretación que le da el autor cada uno de ellos.

Dominio u origen de la compañía. Factor estratégico ratificado por todos los profesionales. Aunque todas las compañías deberían cumplir con un RBPS, su implementación se facilita si la organización cuenta con cultura y experiencia en el extranjero, especialmente en países que han liderado estos procesos. Por otro lado, es imprescindible considerar el contexto de la organización al momento de diseñar e implementar el RBPS.

Participación de la compañía. Factor estratégico validado. Aunque existe mayor alineamiento hacia los sistemas de gestión de corte internacional en compañías de participación "Privada", se evidencia que las compañías de participación "Estatal" han ido creando mayor compromiso entorno a los sistemas de gestión de seguridad de procesos. Por otro lado, en Colombia la compañía Estatal ha sido referente en RBPS, poniéndose al nivel de las multinacionales. Los riesgos de proceso no discriminan la procedencia de las organizaciones.

Estructura organizacional de la compañía. Factor estratégico probable. Es fundamental que se cuente en la estructura organizacional, así como, con un área responsable de la gestión de RBPS. Por otro lado, esta clase de gestión fortalece el trabajo en equipo.

Producción de petróleo. Factor estratégico validado. La implementación de un proceso tan minucioso requiere el involucramiento de personal especializado en este tipo de procesos, por lo que el componente económico sustentado por este factor en particular posibilita la asignación de los recursos que se requieran. Existe el paradigma de que la gestión de seguridad de procesos fue desarrollada por y para las grandes organizaciones.

Clase de petróleo. Factor estratégico probable. El tipo de hidrocarburo suele determinar el nivel de peligrosidad de una facilidad, por lo cual es importante contemplarlo dentro del requisito (7) del RBPS que hace referencia a "Identificación de peligros y análisis de riesgos". Por otro lado, en una facilidad petrolera siempre existirá el riesgo de pérdida de contención, y por tanto, sus posibles consecuencias.

Tamaño de la organización. Factor estratégico validado. Las organizaciones deberían ocuparse por desarrollar entre los colaboradores el sentido de vulnerabilidad. Entre más grande sea la organización debería tener mayor compromiso con el RBPS. Por otro lado, de acuerdo con el RBPS este factor es fundamental considerarlo dentro del requisito (4) hace referencia al "Involucramiento de trabajadores".

Madurez de la organización. Factor estratégico ratificado. La madurez no solo debería asociarse con los años de experiencia, puesto que es un aspecto que va de la mano con el aprendizaje y afianzamiento de lo aprendido, a partir de las experiencias previas. Es un proceso que requiere que haya una política concertada desde sus altos directivos. Hay que tener en cuenta que la fijación de objetivos no es un evento finito, sino que debería ser visto como un proceso continuo en el espíritu de la mejora continua, una vez se alcanzan los objetivos, objetivos nuevos y más ambiciosos los reemplazan, así mismo, los objetivos de la gestión de seguridad del proceso deberían considerarse dentro de la planificación estratégicos de la organización. Este factor, resulta ser muy importante dentro del requisito del RBPS (1) que hace referencia a la "Cultura de la seguridad de procesos.

Estado de implementación de los requisitos del RBPS – CCPS. Factor estratégico validado. La gestión de seguridad de procesos debería incorporarse al sistema de gestión integral de la organización. Es así como una organización que cuente con algún sistema de gestión implantado ya cuenta con una base para implementar los 20 elementos del RBPS. Por esta razón, antes de llevar a cabo la implementación de un RBPS se debería realizar una validación del estado de implementación y brechas de los requisitos del sistema.

Accidentalidad. Factor estratégico ratificado. La accidentalidad puede ser un soporte a la hora de gestionar recursos con la alta dirección para implementar un sistema de gestión de esta naturaleza. La organización debería tener la disposición de aprender de los accidentes ocurridos, pero mucho mejor aún si lo hace a partir de los incidentes, es decir, de aquellos eventos que no generan consecuencias reales, siempre y cuando lo investigue. Este factor es esencial para estructurar los requisitos del RBPS (17) que hace referencia a la "Investigación de incidentes" y el (18) relacionado con la "Medición e indicadores".

Filosofía operacional. Factor estratégico validado. En la actualidad es muy extraño que las organizaciones basen su filosofía operacional en una gestión correctiva. Este factor es inherente a la cultura organizacional y al liderazgo que ejerza la alta dirección, y es fundamental para plantear el diseño de los requisitos del RBPS (10) que hace referencia a la "Integridad y confiabilidad de facilidades" y al requisito (13) con relación a la "Gestión del cambio".

Finalmente, en lo que tiene que ver los comentarios finales durante el ejercicio de entrevista, se destaca lo siguiente:

- El liderazgo que ejerza la alta dirección de la organización durante la implantación de un sistema de gestión de seguridad de procesos es determinante para el éxito del mismo,
- La primera línea de los procesos industriales, es decir, el personal de operaciones y mantenimiento deberían participar de forma activa en la implementación y seguimiento del sistema de gestión de seguridad de procesos, y
- La gestión RBPS debería incluirse dentro del sistema de gestión integrado de la organización, esto permite lograr una mayor sinergia y apalancar recursos.

Caracterización del proceso de producción de petróleo

Ciclo P-H-V-A para la gestión de seguridad de procesos

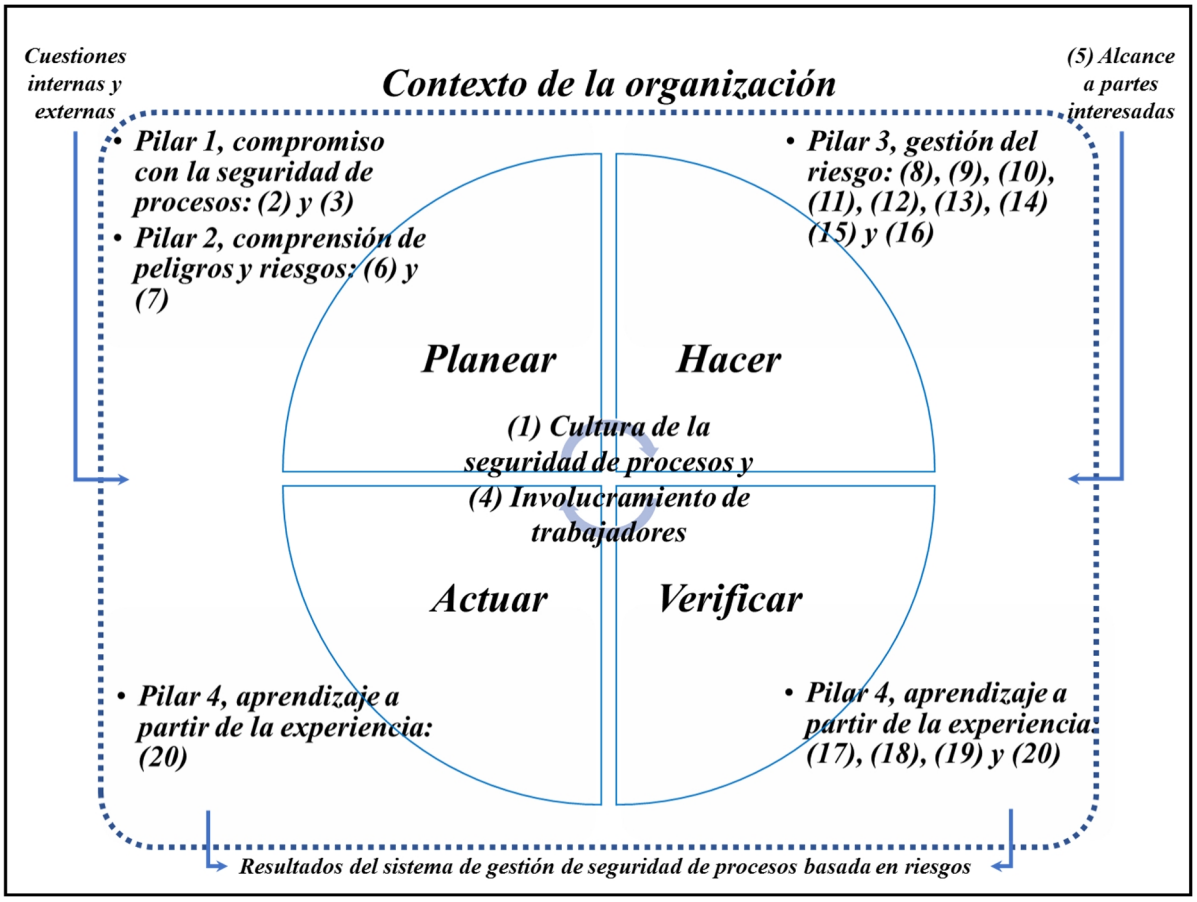
El ciclo P-H-V-A propuesto por Deming-Shewhart, cumple una función muy importante dentro de la gestión que realiza cualquier organización, puesto que le permite comprender y desarrollar el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión dentro de cada una de las cuatro (4) etapas del ciclo, así mismo, le permite asignar recursos para su implementación. En consecuencia, para la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS, se propone el siguiente ciclo P-H-V-A adaptado a partir de la norma ISO 45001 en su versión 2018.

Los numerales relacionados en la Gráfica 46, corresponden según el Center for Chemical Process Safety (2007) a «los 20 elementos y su distribución en cada uno de los pilares: Compromiso con la seguridad de procesos: (1) Cultura de la seguridad de procesos, (2)

Cumplimiento de estándares, (3) Competencia en seguridad de procesos, (4) Involucramiento de trabajadores, (5) Alcance a partes interesadas; Comprensión de peligros y riesgos: (6) Gestión del conocimiento del proceso, (7) Identificación de peligros y análisis de riesgos; Gestión del riesgo: (8) Procedimientos operativos, (9) Prácticas de trabajo seguro, (10) Integridad y confiabilidad de facilidades, (11) Gestión de contratistas, (12) Aseguramiento del entrenamiento y desempeño, (13) Gestión del cambio, (14) Preparación operacional, (15) Ejecución de operaciones, (16) Gestión de emergencias; y Aprendizaje a partir de la experiencia: (17) Investigación de incidentes, (18) Medición e indicadores, (19) Auditorías y (20) Revisión de la gestión y mejoramiento continuo» (p. 47, 48, 51, 52).

Gráfica 46

Ciclo P-H-V-A para la implementación del RBPS



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Organización Internacional de Normalización, 2018, p. ix

En la Gráfica 46 se evidencia que requisitos tales como, el contexto de la organización, comprendido como las cuestiones internas y externas de la organización que pueden afectar positiva o negativamente el cumplomiento de los objetivos del RBPS, y que en su versión original las directrices del CCPS no lo contemplan, pero que el autor de la investigación si lo considera pertinente y fundamental, al igual que el requisito (5) relacionado con el "Alcance a partes interesadas" son esenciales como elementos de entrada dentro del proceso de planeación del RBPS. Por otro lado, el ciclo P-H-V-A pivotea entorno a requisitos tales como (1) Cultura de la seguridad de procesos y (4) Involucramiento de trabajadores, esto significa que cada una de estas etapas requieren el liderazgo y compromiso de la alta dirección, así como, del involucramiento y participación de los trabajadores para el logro de los resultados esperados del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS.

Gráfica 47

Caracterización del proceso de producción de petróleo

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Pacific Rubiales Energy, 2016, p. 5

Caracterización del proceso de producción de petróleo

De acuerdo con Torres (2020) «la caracterización permite controlar los procesos organizacionales, a través de la comprensión de su objetivo y los elementos esenciales. Los elementos que conforman la caracterización del proceso son: identificación del proceso, responsable, cargo, cliente del proceso, propósito del proceso, entradas, salidas, actividades, recursos requeridos, control e indicadores de gestión» (1, 2).

La caracterización del proceso de producción permite adaptar el sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS a implementar a las condiciones de la organización en particular. La caracterización de este proceso propuesta por el autor de la investigación, a partir del ciclo P-H-V-A, el contexto de la organización, los factores estratégicos propuestos en este estudio, otros elementos de entrada, al igual que las salidas se muestran en la Gráfica 47 y el Anexo K.

Adaptación de los requisitos del RBPS al contexto colombiano

La adaptación de los requisitos es fundamental para garantizar que estos una vez implantados sean pertinentes al contexto nacional y al sector petrolero, de tal manera que contribuyan al logro de los objetivos y metas de las organizaciones, así como, a la prevención de los accidentes mayores.

Como ha sido ratificado por los expertos entrevistados, el sistema de gestión de seguridad de procesos del CCPS es completamente aplicable y adaptable al sector petrolero, por otro lado, los requisitos que conforman el sistema indican el ¿Qué?; sin embargo, el ¿Cómo?, es precisamente el proceso de adaptación que cada organización define, y que de acuerdo con el objeto del trabajo de investigación, se materializa por medio de la guía metodológica, entregable del mismo.

En el Anexo L el autor especifica el flujograma a seguir para la implementación de los requisitos del RBPS del CCPS, y en el Anexo M se incluye la matriz a considerar dentro del

proceso de adaptación de los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS del CCPS, a partir de los factores estratégicos validados y ratificados mediante el trabajo de investigación. Sobre el eje de las x de la matriz se desglosan los requisitos del RBPS, y sobre el eje de las y de la matriz se disponen los factores estratégicos propuestos. En tal sentido las franjas de colores corresponden al nivel de aceptabilidad manifestado por los expertos, y los numerales indica de menor a mayor el nivel de prioridad en el que se debe considerar el factor estratégico propropuesto para el proceso de adaptabilidad.

La guía metodológica desarrollada se constituye en una herramienta efectiva y práctica para apoyar la gestión de los riesgos de seguridad de proceso aplicable a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia; la cual se realiza bajo el ciclo P-H-V-A, partiendo desde una revisión inicial para la determinación de brechas, un análisis de contexto de la organización, contemplando los factores estratégicos organizacionales propuestos dentro del grupo de cuestiones internas a considerar, así como, las cuestiones externas.

Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones permiten garantizar si se alcanzaron efectivamente los objetivos propuestos en el trabajo de investigación. Estas se generan a partir de los resultados y su análisis, así como, desde la experiencia misma adquirida por parte del investigador del ejercicio académico. Para mantener la estructura del desarrollo del trabajo, se presentan inicialmente las conclusiones relacionadas con la búsqueda y revisión documental, posteriormente, las asociadas al cuestionario aplicado a los profesionales que participaron por oportunidad y finalmente, las que evidencian el cumplimiento de los objetivos del estudio.

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con los resultados del formato de resumen analítico especializado (RAE)

De acuerdo con la información obtenida a partir de la revisión bibliográfica, no fue posible evidenciar la importancia que tiene los factores estratégicos organizacionales dentro del proceso de implementación del sistema de gestión de seguridad procesos basada en riesgos, razón por la cual, se planteó y desarrolló como alternativa una entrevista a expertos por oportunidad del sector petrolero.

Debido a la escasez información disponible en las plataformas de acceso gratuito sobre la temática desarrollada en el presente estudio, se sugiere en trabajos posteriores, enriquecer el ejercicio con la búsqueda de fuentes secundarias en plataformas técnicas, tales como Onepetro.com, en las cuales se debe pagar la membresía y los documentos e encuentran principalmente en idioma inglés.

Las bases de información que aportaron en mayor medida la documentación para el

desarrollo del estudio fué principalmente “Google”, el resto de buscadores no cuentan con suficiente información, lo cual evidencia que temática abordada en el trabajo no es de muy amplia difusión.

El estudio fue realizado con fuentes secundarias, correspondiendo principalmente a algunas lecciones aprendidas de accidentes compartidas por organizaciones como IChemE, de otra, se han desarrollado algunos trabajos de grado en el exterior y en nuestro país sobre seguridad de procesos aplicado a otros sectores de la industria, sin embargo, la unidad de análisis (metodología abordada) y unidad dimensional (sector petrolero), no presentan estudios previos relacionados.

La etapa del ciclo de vida de las facilidades o los activos en los que se han implementado metodologías para la gestión de riesgos de los procesos industriales, es principalmente durante la etapa operativa, es por esta razón, que resulta pertinente y relevante incorporar el sistema de gestión desde etapas tempranas del proyecto con el fin garantizar que se cumplan con todos los requerimientos durante la fase operacional.

En cuanto a la actividad específica en la que se contempla la implementación del sistema de gestión de procesos, es evidente que en la actividad que se tiene mayor conocimiento y conciencia para la prevención de accidentes mayores son los procesos de refinación estando alineado con los riesgos que estas actividades generan, así como, los procesos de producción y mantenimiento, mientras que el resto de actividades tienen un conocimiento relativamente bajo sobre el tema.

El trabajo desarrollado permitió evidenciar que “todos los requisitos sin excepción” del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS del CCPS, son de gran importancia en el diseño e implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos, aún en el sector petrolero; por otro lado, se identifica que requisitos tales como Cultura de la seguridad de procesos. Adicionalmente, se evidencia que la realización de una “Evaluación inicial” o “Gap Analysis” es fundamental para identificar brechas como punto de partida del proceso de implementación de un sistema de gestión para el control de los riesgos de proceso.

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con los resultados del cuestionario

Durante el desarrollo de la investigación se evidenció que las opiniones y expectativas de los profesionales que participaron en el cuestionario, es un aspecto positivo que permite consolidar información pertinente para la elaboración de la guía metodológica propuesta como entregable del estudio.

El cuestionario realizado a los profesionales participantes permitió evidenciar que la implantación de un sistema de gestión para el control de los riesgos de procesos es pertinente e importante en Operaciones de refinación y petroquímica, en Operaciones de construcción de facilidades de producción, en Operaciones de perforación y completamiento, así como, en Operaciones de intervención y servicios a pozo, en Operaciones de producción y mantenimiento, y en Operaciones de transferencia bajo custodia. Sin embargo, en la mayor parte de estas actividades no se implantan esta clase de sistemas, lo cual se evidencia como una oportunidad.

Las metodologías propuestas por los participantes para implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos, en su orden de importancia son: US OSHA – EPA, RBPS – CCPS y API RP 75. Las principales razones están fundamentadas en la "Experiencia del Participante" y Basado en el "Alcance de la Norma".

La mayor parte de los profesionales participantes en el cuestionario considera que la implantación de la metodología que proponen para gestionar los riesgos de proceso debería hacerse de forma completa con todos sus requisitos, aspecto que fue ratificado. Inclusive otro grupo de los participantes considera que es posible implantar requisitos de varias metodologías conformando un "híbrido", es decir, un sistema para gestionar conformado por requisitos de varias metodologías. Adicionalmente, se debería considerar un requisito relacionado con "Calidad, procesos y medio ambiente".

Conclusiones y recomendaciones relacionados con los resultados de la entrevista

Un aspecto que se debería considerar dentro de todo proceso de diseño e implementación

un sistema de gestión, cualquiera que sea este, es el involucramiento de personal de diversas disciplinas, así como expertos ya que la percepción de cada profesional a partir de su conocimiento y experiencia hace más enriquecedor el proceso.

Los profesionales expertos participantes en la entrevista ratificaron que el Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos - RBPS – CCPS es completamente aplicable a las organizaciones del sector petrolero. Esta afirmación es el resultado de experiencias previas exitosas de organizaciones del sector petrolero en Colombia, la existencia de requisitos y prácticas que lo hacen integrable con otros sistemas de gestión, por la responsabilidad técnica y moral que tiene el sector petrolero debido a los riesgos que , y la gestión de los riesgos de proceso mejora la gestión de seguridad y salud en el trabajo, y ambiental, así como contribuye a mejorar el desempeño operacional.

A través del ejercicio realizado con los expertos se logró ratificar que en efecto existen factores estratégicos al interior de las organizaciones del sector petrolero que determinan la forma de diseñar e implementar un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos - RBPS del CCPS.

La adopción de una escala permitió minimizar la subjetividad que se presenta con respecto a la interpretación de los resultados obtenidos, así como, a la validación del instrumento "entrevista" usado para alcanzar este objetivo. Igualmente, se logró establecer a partir del criterio de aceptabilidad establecido los factores estratégicos que llegan a ser determinantes dentro del proceso de diseño e implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en una organización del sector petrolero en Colombia.

Aunque algunos requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos - RBPS del CCPS de hecho contemplan o incorporan implícitamente algunos factores organizacionales, tales como: recurso humano, reglamentaciones, tecnología, diseño del proceso, etc, la intención de este ejercicio académico no fue validar estos factores, sino a través de tener una visión mucho más amplia de las organizaciones del sector petrolero, con el fin el proceso por medio de la consideración de otros factores organizacionales que igualmente juegan un papel

muy importante y hasta determinante dentro del proceso de establecimiento del contexto organizacional y obviamente dentro del diseño e implementación del sistema de gestión.

El estudio permitió evidenciar que la gran mayoría de los factores estratégicos organizacionales contemplados influyen dentro de la implementación efectiva de los sistemas de gestión de seguridad de procesos, lo cual permite ratificar la hipótesis planteada para el desarrollo del presente trabajo.

Los factores estratégicos que fueron ratificados y validados por el grupo de expertos y que por tanto, se deberían considerar para caracterizar una organización del sector petrolero en Colombia, con miras a implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, son:

- Dominio u origen de la compañía. De la mano con el contexto de organización es imprescindible considerarlo al momento de diseñar e implantar el RBPS,
- Participación de la compañía. Ya sea privada, estatal o mixta, se ha notado un mayor compromiso con la gestión de los riesgos de proceso,
- Producción de petróleo. Es un factor que sustenta la economía de la organización facilitando la asignación de recursos,
- Tamaño de la organización. Las organizaciones deberían ocuparse por desarrollar entre los colaboradores el sentido de vulnerabilidad, a mayor tamaño de esta debería existir mayor compromiso con el RBPS,
- Madurez de la organización. Este factor no debería asociarse a los años de experiencia, sino más bien al aprendizaje y afianzamiento de lo aprendido, a partir de las experiencias previas. Por otro lado, la fijación de objetivos no es un evento finito, sino que debería ser visto como un proceso creciente en el espíritu de la mejora continua,
- Estado de implementación de los requisitos del RBPS – CCPS. La gestión de la seguridad de procesos en organizaciones del sector petrolero debería apoyarse en la experiencia que le imparten los sistemas de gestión que tiene implementados, es por esta razón que resulta pertinente realizar una evaluación inicial para determinar las brechas existentes en el proceso de implementación de los requisitos del RBPS,
- Accidentalidad. Este puede ser un buen argumento a la hora de gestionar recursos con la

alta dirección. Por otro lado, la organización debería tener la disposición de aprender de sus incidentes y accidentes, a través de generar "lecciones aprendidas", y

- Filosofía operacional. Este es un factor inherente a la cultura organizacional y al liderazgo que ejerza la alta dirección.

Los factores estratégicos que fueron catalogados como probables por el grupo de expertos y que por tanto, quedan a criterio del diseñador e implementador del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en el sector petrolero, son:

- Estructura organizacional de la compañía. La gestión de los riesgos de proceso fortalece el trabajo en equipo, sobre todo en organizaciones con una estructura horizontal, y
- Clase de petróleo. Partiendo del principio que siempre existe el riesgo de pérdida de contención en una facilidad petrolera, este factor debería considerarse especialmente para el análisis de peligros y riesgos del proceso.

Los expertos proponen contemplar adicionalmente los siguientes factores estratégicos: las regulaciones y requisitos legales aplicables a la organización en la materia del estudio, la continuidad y sostenibilidad del negocio, la cultura organizacional, la experiencia como resultado de la madurez organizacional y la imagen organizacional.

Finalmente, se destacan las siguientes observaciones por parte de los expertos para ser contempladas dentro del proceso de diseño e implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos - RBPS del CCPS, en organizaciones del sector hidrocarburos:

- El liderazgo que ejerza la alta dirección de la organización durante la implantación de un sistema de gestión de seguridad de procesos es determinante para el éxito del mismo,
- La primera línea de los procesos industriales, es decir, el personal de operaciones y mantenimiento deberían participar de forma activa en el diseñor, implementación y seguimiento del sistema de gestión de seguridad de procesos, y
- La gestión RBPS debería incluirse dentro del sistema de gestión integrado de la organización, esto permite lograr una mayor sinergia y apalancar recursos.

Conclusiones y recomendaciones relacionadas con el cumplimiento de los objetivos del estudio

A partir del ejercicio académico realizado se diseña y elabora una guía metodológica, la cual se incluye en el Anexo N, que hace las veces de una herramienta útil para el proceso de implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones del sector petrolero en Colombia.

Se logró identificar y definir los factores estratégicos que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en sector petrolero, los cuales son importantes considerarlos dentro el proceso de análisis de contexto para caracterizar a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia. Este ejercicio fue apoyado a través de la entrevista que se realizó a un grupo de profesionales expertos por oportunidad.

Se logró identificar y sistematizar los hallazgos de la revisión de los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos aplicables a las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, a partir de cada uno de los instrumentos aplicados y el modelo propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos - CCPS.

A partir del ejercicio realizado con los factores estratégicos organizacionales, se logró identificar la importancia de realizar un análisis de contexto para hacer la adaptación de los requisitos del sistema de gestión.

Se construyó la matriz que se adjunta en el Anexo M, con el fin de facilitar la visualización de las necesidades de adaptación de los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS, a partir de los factores estratégicos propuestos en el desarrollo del trabajo, considerando criterios de aceptabilidad y priorización.

Como recomendación para futuros trabajos del mismo tipo se sugiere considerar el acceso a plataformas pagas para fortalecer el proceso de revisión bibliográfica, especialmente

para acceder a estudios sobre la temática en idioma inglés.

Las universidades del país, especialmente las que imparten programas de Seguridad y Salud en el Trabajo a nivel de pre-grado y post-grado, deberían incluir cátedras de Seguridad de Procesos Industriales, puesto que este componente le daría un mayor impulso a la temática y contribuiría en la generación de mayor conciencia en el país, prueba de ello es la relativa baja información de trabajos de grado al respecto; por otro lado, se constituiría en un factor diferenciador y una oportunidad de negocio que las destacaría del resto de universidades, además es un tema de formación cuya demanda ha ido creciendo en el país, mucho más ahora que se estudia el proyecto de modificación del decreto 1072 de 2015.

Puesto que el estudio realizado se concentró espacialmente en los aspectos propios de la organización, es decir las cuestiones internas, se sugiere que en futuros trabajos y con el fin de cerrar brechas, se incorporen las cuestiones externas; este permite tener un análisis de contexto mucho más completo, lo cual garantiza una mejor adaptación de los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS a las condiciones de la organización.

Finalmente, para trabajos futuros sobre la temática planteada, se sugiere contemplar la integración del sistema de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS conforme al CCPS, con sistemas de gestión tales como la ISO 9001:2015, la ISO 14001: 2015 y la ISO 45001:2018, los cuales son perfectamente integrables.

Listado de referencias

Aguado, N. & Díaz, I. (2018). Implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos PSM, basados en las directrices del CCPS (CCPS risk based process safety, RBPS 2007). (Artículo seminario ACIEM). 1-10. ABS Group Colombia S.A.S. https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-003%20TRA_COL_N_AGUADO_CIMGA2018.pdf

Aguirre, E. R. (2015). Análisis del riesgo de accidentes mayores con gas licuado de petróleo de tipo antropogénico en el terminal GLP Oyambaro de la empresa pública de hidrocarburos del Ecuador - E.P. Petroecuador. [Tesis de postgrado Universidad Tecnológica Equinoccial] http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/17981/62156_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

American Petroleum Institute. (2019). API Recommended Practice 75 Safety and environmental management system for offshore operations and assets. 1-34. 4 Ed. API Publishing Services.

Báez, P. A. (2016). Diseño de un Modelo de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en las Actividades de Perforación Offshore en Colombia. [Tesis de pregrado Fundación Universitaria de América] https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/567/1/3111375-2016-2-II.pdf

Bridges, W. G. & Thomas, J. (2018). Four major gaps that are preventing most companies worldwide from achieving excellent process safety performance. 18th AIChE Spring Meeting. 14th Global Congress on process Safety. 2-25. https://www.process-improvement-institute.com/_downloads/4_Gaps_in_PSM_-_FINAL.pdf

Buitrago, B. A., Rodríguez, L.G. & Herrera, E. J. (2021). Diseño del programa de gestión de seguridad de procesos bajo la norma OSHA 29 CFR 1910.119 para químicos altamente peligrosos en la industria de alimento. [Tesis de postgrado Universidad ECCI]

https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/962/Dise%C3%B1o%20del%20programa%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20seguridad%20de%20procesos%20bajo%20la%20norma%20osha%2029%20cfr%201910.119%20para%20qu%C3%ADmicos%20altamente%20peligrosos%20en%20la%20industria%20de%20alimento.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cárdenas, S. (2019). Análisis cuantitativo de riesgos tecnológicos en el manejo de sustancias peligrosas a nivel empresarial en Santo. Domingo. [Universidad Central Martha Abreu de las Villas]. https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/11332/C%c3%a1rdenas%20Mart%c3%adnez%2c%20Saily.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Center for Chemical Process Safety. (1996). Guidelines for integrating process safety management, environment, safety, health and quality. 1 Ed. Editorial del American Institute of Chemical Engineers. ISBN 0-8169-0683-1.

Center for Chemical Process Safety. (2007). Guidelines for risk based process safety. 1 Ed. Editorial John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-16569-0.

Center for Chemical Process Safety. (2016). Guidelines for implementing process safety management. 2 Ed. Editorial John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-1-119-24376-2.

Center for Chemical Process Safety. (2016, junio) Guidelines for risk based process safety - A summary of risk as detailed in guidelines for rik based process (RBPS). https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/summaries/resumen_rbps_-espanol-_junio_2016.pdf

Centro e-Learning Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires. (2020, 15 de septiembre). Curso – Control de risgos de proceso PSM. Memorias Módulo 1 (35). Secretaría de cultura y extensión universitaria.

Congreso de la Repúbica. (1996, 20 de septiembre). Ley 320 de 1996. Diario oficial No. 48885. https://www.ins.gov.co/Normatividad/Leyes/LEY%200320%20DE%201996%20CONV.%20174.pdf

Congreso de la República. (2012, 24 de abril). Ley 1523 de 2012. Diario oficial No. 48411. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1523_2012.html

Congreso de la República. (2012, 11 de julio). Ley 1562 de 2012. Diario oficial No. 48488. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1562_2012.html

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2016, 5 de octubre). CONPES 3868 - Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas. Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3868.pdf

Consuegra, J. M. (2017). Guía para la gestión de los riesgos tecnológicos para las empresas adherentes al proceso APELL del D.E.I.P Barranquilla. Universidad del Atlántico. Prospectiva, Volumen 15. No. 2. 96-106. https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.1143

Corporación Universitaria UNITEC. (2020). Manual para la elaboración y presentación de trabajos de grado, adaptado de la séptima edición de la APA. Departamento de Publicaciones. Código MAN-IN-33, Versión 4. Centro de Investigaciones.

Corporación Universitaria UNITEC. (2020, 15 de septiembre). Curso de fortalecimiento a la investigación formativa. Video sesión 2 - Metodología, alcances, método, diseños, técnicas y herramientas. (28:00-30:30), (35:35-36:30), (1:00:40-1:07:35). https://us.bbcollab.com/collab/ui/session/playback/load/b3589585a80d47a391aed51eed91f81f

Corte Constitucional. (1997, 5 de junio) Sentencia C-280/97. https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/1997/C-280-97.htm

Cuesta, J. L. (2013, 26 de marzo). Aplicación de la técnica Delphi en el proceso de validación de un instrumento para la evaluación de la calidad de vida en centros para personas con trastornos del espectro del autismo. Revista Qurriculum. 136-160. https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/4443/Q_26_%282013%29_08.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias. S.F. Amenazas tecnológicas. Publicado por la Alcaldía Mayor de Bogotá. 4, 5, 6. ISBN: 958-8168-21-X. http://199.89.55.129/scorecolombia/documents_co/herramientas/M5/Material_tecnico_apoyo/SGSST_2015/3.%20Planificaci%C3%B3n/5.%20Plan%20de%20Emergencias/Cartillas/Cartilla_Amenaza_Tecnologica_DPAE.pdf

Energy Institute. (2010). High level framework for process safety management. 1Ed. Published by Energy Institute. https://publishing.energyinst.org/pdftools/test-tool-for-tps?productids=17025&useremail=&userfolder=7&watermarkassetid=301323

Espejo, E., Muñoz, M., Villava, V. & Vilchez, J. (2020, 28 de julio). Seveso: Evolución de la normativa y obligaciones de los industriales. Revista PQ.com. No. 1254 de Septiembre

2020. https://www.revistapq.com/texto-diario/mostrar/2215837/seveso-evolucion-normativa-obligaciones-industriales

Espinosa, F. R. (2018). Modelo de gestión de emergencias mayores en la industria del gas y petróleo en el Ecuador. [Tesis de postgrado Universidad Internacional SEK] https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2844/1/Modelo%20de%20Gesti%c3%b3n%20de%20Emergencias%20en%20la%20Industria%20del%20Gas%20y%20Petr%c3%b3leo.pdf

González, C. M. (2015). Propósitos y metodología de la sistematización. Mesa de salud mental. Facultad nacional de salud pública. Universidad de Antioquia. http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/2e43da6b-2db8-43f5-95fa-a3026ade8d77/PROP%C3%93SITOS+Y+METODOLOG%C3%8DA+DE+LA+SISTEMATIZACI%C3%93N.pdf?MOD=AJPERES

Gutierrez, A. (2019). Diseño de un Programa de Disciplina Operativa para Mejorar los Procesos Operacionales en Actividades de Workover. [Tesis de pregrado Fundación Universidad de América] https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7725/1/5122408-2019-2-IP.pdf

Health and Safety Executive. (2015). The Control of Major Accident Hazards Regulations 2015. 3 Ed (Reissued with amendments October 2015). ISBN 978 0 7176 6605 8. https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/l111.pdf

Health and Safety Executive. (S.F.). The HSE Story. Página web. 4. https://www.hse.gov.uk/aboutus/hse-story.htm

Hernández, R. Fernández, C., & Baptista, P. (1991). Metodología de la investigación. 1 Ed. Editorial McGraw Hill. ISBN 968-422-931-3.

Hernández, R. Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. 6 Ed. Editorial McGraw Hill. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

Hernández, R. & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación - Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 1 Ed. Editorial McGraw Hill. ISBN: 978-1-4562-6096-5.

Hendershot, D. (2012). Inherently safer desing: the fundamentals. Center for Chemical Process Safety. 1-3(1) https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20120140-1.pdf

Ibarra, H. E. (2016). Metodología de análisis cuantitativo de riesgo incluyendo el efecto dominó. [Tesis de maestría Universidad Central Martha Abreu de las Villas]

https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7478/Eusebio%20Vladimir%20Ibarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y

IChemE Safety Centre. (2018). Lecciones aprendidas de incidentes durante operaciones de arranque. 1 Ed 2018. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/1109/isc-safety-lore_issue-no1_esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2018). Lecciones aprendidas de incidentes durante mantenimiento de tanques de almacenamiento atmosféricos. 2 Ed 2018. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/1111/isc-safety-lore_issue-no2-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2018). Lecciones aprendidas de incidentes en sistemas de alivio y venteo. 3 Ed 2018. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/4812/isc-safety-lore_issue-no3-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2018). Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con envejecimiento de activos. 4 Ed 2018. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/8624/isc-safety-lore_issue-no4-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2019). Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con amontonamiento de cambios. 5 Ed 2019. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/11054/isc-safety-lore_issue-no5-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2019). Lecciones aprendidas de incidentes con bridas. 6 Ed 2019. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/12000/isc-safety-lore_issue-no6-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2019). Lecciones aprendidas de accidentes de transporte. 7 Ed 2019. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/12536/isc-safety-lore_issue-no7-es.pdf

IChemE Safety Centre. (2019). Lecciones claves de incidentes relacionados con entregas de turnos/cambios de guardia. 8 Ed 2019. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/13469/isc-safety-lore_issue-no8-spanish.pdf

IChemE Safety Centre. (2020). Lecciones claves de incidentes relacionados con permisos de trabajo. 9 Ed 2020. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/13644/isc-safety-lore_issue-no9-spanish.pdf

IChemE Safety Centre. (2020). Lecciones claves de incidentes relacionados con el manejo de alarmas. 10 Ed 2020. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/15051/isc-safety-lore_issue-no10-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2020). Lecciones clave de incidentes relacionados con fertilizantes de nitrato de amonio. 11 Ed 2020. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/14925/isc-safety-lore_issue-no11-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2020). Lecciones aprendidas de explosiones de metano en minas de carbón. 12 Ed 2020. 1, 2. IChemE. https://94f04d24-e590-4d79-ac59-6a87ae5c1353.filesusr.com/ugd/91b8b3_8e20191d024046baa774585cd67dbd49.pdf

IChemE Safety Centre. (2021). Key lessons from incidents related to audits. 13 Ed 2021. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/15623/isc-safety-lore-no-13.pdf

Instituto de Estudios Superiores de Administración. (2013, 25 de noviembre). Explosión en Amuay: ¿Qué ocurrió?. IESA. (1) (Artículo web). http://www.iesa.edu.ve/profesores-e-investigacion/2013-noviembre-25/1761=explosion-en-amuay-que-ocurrio

International Association of Oil and Gas Producers. (2014). Operarting management system framework - for controlling risk and delivering high performance in the oil and gas industry. OGP Report 510. 1-44. Version 1. 1 Ed. OGP Publishing. https://www.iogp.org/bookstore/?download_file=1547&order=wc_order_orI71nA1SJeUP&uid=ce65c9f47736f25dc7cff990765cc1628f2c85da27eee171a312eca117939acc&key=43ac49c0ce95304550a43b53faf6d4b9

International Association of Oil and Gas Producers. (S.F.). IOGP Report No.511. (Página web). 1. https://www.iogp.org/bookstore/product/oms-in-practice-a-supplement-to-report-no-510-operating-management-system-framework/

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2021, 3 de mayo). Caracterización general del escenario de riesgo por fenómenos de origen tecnológico en Bogotá. IDIGER. 5, 7. (Página web). https://www.idiger.gov.co/rtecnologico

Kamila, F. (2016). Determination of safety integrity level by using layer of protection analysis method on floating regasification unit. [Tesis de pregrado Institut Teknologi Sepuluh Nopember]

Kerlinger, F. N. & Lee, H. B. (2002). Investigación del comportamiento. 14. 4 Ed. Editorial McGraw Hill.

Lacayo, J. L. & Ortiz, J. (2015). Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena: Caso (Cabot Colombiana y

Ecopetrol refinería de Cartagena). [Tesis de maestría Universidad Tecnológica de Bolívar] https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068842.pdf

Machuca, C. (2017, 29 de junio). Seguridad de procesos basado en riesgos – base conceptual. LinkedIn. (4) (Perfil personal). https://www.linkedin.com/pulse/seguridad-de-los-procesos-basado-en-riesgo-carlos-machuca

Marsh JLT Specialty. (2020, 20 de marzo). 100 largest losses in the hydrocarbon industry 1974-2019. 26 Ed. Marsh Limited. 281215. 31. https://s.dzub.pl/69d75786

Mascaro, C. (2020, 5 de diciembre). Curso - HAZID HAZOP en Hidrocarburos, Minería, Química y Petroquímica. Presentación Memorias Lección 1, 2(4), 3(16).

Ministerio del Interior. (1999, 17 de febrero). Decreto 321 de 1999. Diario oficial No. 43507. https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/25-dec_0321_1999.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2020, 7 de octubre). Resolución 4 0295 de 2020. https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24215300/Resoluci%C3%B3n_Criterios+t%C3%A9cnicos+proyectos+exploraci%C3%B3n+y+explotaci%C3%B3n+hidrocarburos+costa.pdf/6182807a-e7d6-4be7-8d0b-b8d8d3471a33

Ministerio del Trabajo. (2015, 26 de mayo). Libro 2, Parte 2, Título 4, Capítulo 6 - Decreto 1072 de 2015 Sector Trabajo. Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Diario oficial No. 49523. https://funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173

Ministerio del Trabajo. (2019, 13 de febrero). Resolución 0312 de 2019. https://id.presidencia.gov.co/Documents/190219_Resolucion0312EstandaresMinimosSeguridadSalud.pdf

Ministerio del Trabajo. (2019, 21 de mayo). MinTrabajo impulsa con proyecto decreto el Programa de Prevención de Accidentes Mayores (PPAM). https://incp.org.co/mintrabajo-impulsa-proyecto-decreto-programa-prevencion-accidentes-mayores-ppam/

Ministerio del Trabajo. (2019, 21 de mayo). Proyecto de decreto PPAM. 1-20. https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/proyecto-decreto-accidentes.pdf

Molina, C. (2019, 13 de junio). Los retos de Colombia para el programa de prevención de accidentes mayores. 1, 2, 3, 4, 5. http://salvaintegrita.com/los-retos-de-colombia-para-el-programa-de-prevencion-de-accidentes-mayores

Molina, C. (S.F.). Continuidad del negocio. 1, 3, 4, 7, 8. http://salvaintegrita.com/continuidad-del-negocio

Mrugalska, B., Nazir, S., Tytyk, E. & Ivar K. (2016, junio). Human error and response to alarms in process safety. Dyna. Vol. 83. No. 197. 81-86. Universidad Nacional de Colombia. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49645986011

Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería del Perú (2020, 27 de noviembre). Resolución 203-2020-OS/CD. 39-51. El Peruano. /https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1467424/Resoluci%C3%B3n%20de%20Consejo%20Directivo%20N%C2%B0%20203-2020-OS/CD.pdf

Organización Internacional de Normalización. (2015, 15 de septiembre). Norma internacional ISO 9001 Sistema de gestión de la calidad – Requisitos. 5 Ed. Secretaría Central de ISO.

Organización Internacional de Normalización. (2015, 15 de septiembre). Norma internacional ISO 14001 Sistema de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso. 3 Ed. Secretaría Central de ISO.

Organización Internacional de Normalización. (2018, febrero). Norma internacional ISO 31000 Gestión del riesgo – Directrices. 2 Ed. Secretaría Central de ISO.

Organización Internacional de Normalización. (2018, marzo). Norma internacional ISO 45001 Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo - Requisitos con orientación para su uso. 1 Ed. Secretaría Central de ISO.

Organización Internacional del Trabajo. (1990). Control de riesgos de accidentes mayores - Manual práctico - Contribución de la OIT al programa PNUMA/OIT/OMS de seguridad en las sustancias químicas (IPCS). 1 Ed. Oficina Internacional del Trabajo. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/instructionalmaterial/wcms_235688.pdf

Organización Internacional del Trabajo. (1993, 22 de junio). R181 - Recomendación sobre la prevención de accidentes industriales mayores. (núm. 181). 80ª reunión CIT. NORMLEX. (Página web). https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:R181

Pacific Rubiales Enegy. (2016). Presentación sobre el sistema de gestión integrado. Gerencia de HSEQ. 5.

Presidencia de la República. (2016, 24 de febrero). Decreto 308 de 2016. Diario oficial No. 49796. http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30022853

Presidencia de la República. (2017, 20 de diciembre). Decreto 2157 de 2017. Diario oficial No. 50453. http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30034367

Rahman, F., Mohd, A. & Zaini, D. (2019, 15 de diciembre). Stakeholder outreach on process safety for process industry using risk based approaches. Universiti Teknologi. Process Safety Progress. Wiley Periodicals, Inc. 1-8. American Institute of Chemical Engineers. https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/prs.12130?src=getftr

Ray, U. (2011). Fundamentals of petroleum and petrochemical engineering. 1Ed. Editorial Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4398-5160-9.

Sarmiento, B. J. (2019). Tesis: Propuesta Metodológica para el Diagnóstico y Evaluación de Sistemas de Seguridad de Procesos Incluyendo Principios Verdes. [Tesis de maestría Universidad EAN] https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9676/SarmientoJorge2019?sequence=1&isAllowed=y

Secretaria del Trabajo y Previsión Social. (2012, 6 de septiembre). NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas. http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/nom/NOM-028-STPS-2012.pdf

Tanabe, M. & Miyake, A. (2019, 19 de diciembre). Effective KPI setting to process safety management system in design phase for oil and gas plant projects. Chemical Engineering Transactions. Vol. 77. 541-546. Italian Association of Chemical Engineering. https://www.aidic.it/cet/19/77/091.pdf

Torres, G. (2020). La caracterización un aspecto clave de la gestión por procesos. https://bsc-global.org/la-caracterizacion-aspecto-clave-la-gestion-procesos/#:~:text=La%20Caracterizaci%C3%B3n%2C%20es%20una%20herramienta,clave%20de%20como%20debe%20ejecutarse.

U. S. Occupational Safety and Health Administration. (2000). OSHA 3132 Process safety management. https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3132.pdf

U. S. Occupational Safety and Health Administration. (1992, 11 de junio). Appendix A to 1910.119 - OSHA's Process Safety Management (PSM) Standard List of Highly Hazardous Chemicals, Toxics and Reactives (Mandatory). https://njwec.org/PDF/PSM_Chemical_Thresholds.pdf

U. S. Environmental Protection Agency. (1996, 20 de junio). 40 CFR Part 68 Accidental release prevention - Requirements: Risk management programs under Clean Air Act Section 112(r)(7). Vol. 61. No. 120. https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1996-06-20/pdf/96-14597.pdf

U. S. Environmental Protection Agency. (S.F.). Does compliance under OSHA's PSM demonstrate compliance with the risk management program? (Página web). (1). https://www.epa.gov/rmp/does-compliance-under-oshas-psm-demonstrate-compliance-risk-management-program

Anexo A

Lista de químicos altamente peligrosos tóxicos y reactivos (Mandatoria)
Según el estándar 29 CFR OSHA 1910.119 sobre gestión de la seguridad de procesos (PSM) de la US Occupational Safety and Health Administration

Esta es una relación de los químicos peligrosos altamente tóxicos y reactivos que presentan potencial para causar un evento catastrófico en o por encima de la cantidad umbral. Las facilidades que usan o almacenan estos químicos dentro de las cantidades umbrales relacionadas en la lista están cobijadas bajo el Estándar US OSHA PSM (U. S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, 1992, A). En esta lista, también se deberán contemplar los líquidos y gases inflamables a partir de 10.000 Lb (4535,9 Kg, 1 Lb = 0,4536 Kg) (U. S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, 2000, p. 5) ver Anexo B.

*Número CAS (Chemical Abstract Service Number)
**Cantidad Umbral en Libras (Lb) (Cantidad necesaria a partir de la cual se cobija por PSM)

Nombre de la Sustancia Química	***Número CAS****	***Cantidad Umbral (Libras)****
Acetaldehyde	*75-07-0*	*2500*
Acrolein (2-Propenal)	*107-02-8*	*150*
Acrytyl Chloride	*814-68-6*	*250*
Allyl Chloride	*107-05-1*	*1000*
Allylamine	*107-11-9*	*1000*
Alkylaluminums	*Varies*	*5000*
Ammonia, Anhydrous	*7664-41-7*	*10000*
Ammonia solutions (>44% ammonia by weight)	*7664-41-7*	*15000*
Ammonium Perchlorate	*7790-98-9*	*7500*
Ammonium Permanganate	*7787-36-2*	*7500*
Arsine (also called Arsenic Hydride)	*7784-42-1*	*100*
Bis(Chloromethyl) Ether	*542-88-1*	*100*
Boron Trichloride	*10294-34-5*	*2500*
Boron Trifluoride	*7637-07-2*	*250*
Bromine	*7726-95-6*	*1500*
Bromine Chloride	*13863-41-7*	*1500*
Bromine Pentafluoride	*7789-30-2*	*2500*
Bromine Trifluoride	*7787-71-5*	*15000*
Propargyl Bromide	*106-96-7*	*100*
Butyl Hydroperoxide (Tertiary)	*75-91-2*	*5000*
Butyl Perbenzoate (Tertiary)	*614-45-9*	*7500*
Carbonyl Chloride (see Phosgene)	*75-44-5*	*100*
Carbonyl Fluoride	*353-50-4*	*2500*
Cellulose Nitrate (concentration > 12.6% nitrogen)	*9004-70-0*	*2500*
Chlorine	*7782-50-5*	*1500*
Chlorine Dioxide	*10049-04-4*	*1000*

Nombre de la Sustancia Química	*Número CAS**	*Cantidad Umbral (Libras)***
Chlorine Pentrafluoride	*13637-63-3*	*1000*
Chlorine Trifluoride	*7790-91-2*	*1000*
Chlorodiethylaluminum (also called Diethylaluminum Chloride)	*96-10-6*	*5000*
1-Chloro-2, 4-Dinitrobenzene	*97-00-7*	*5000*
Chloromethyl Methyl Ether	*107-30-2*	*500*
Chloropicrin	*76-06-2*	*500*
Chloropicrin and Methyl Bromide mixture	*None*	*1500*
Chloropicrin and Methyl Chloride mixture	*None*	*1500*
Cumene Hydroperoxide	*80-15-9*	*5000*
Cyanogen	*460-19-5*	*2500*
Cyanogen Chloride	*506-77-4*	*500*
Cyanuric Fluoride	*675-14-9*	*100*
Diacetyl Peroxide (concentration >70%)	*110-22-5*	*5000*
Diazomethane	*334-88-3*	*500*
Dibenzoyl Peroxide	*94-36-0*	*7500*
Diborane	*19287-45-7*	*100*
Dibutyl Peroxide (Tertiary)	*110-05-4*	*5000*
Dichloro Acetylene	*7572-29-4*	*250*
Dichlorosilane	*4109-96-0*	*2500*
Diethylzinc	*557-20-0*	*10000*
Diisopropyl Peroxydicarbonate	*105-64-6*	*7500*
Dilaluroyl Peroxide	*105-74-8*	*7500*
Dimethyldichlorosilane	*75-78-5*	*1000*
Dimethylhydrazine, 1,1	*57-14-7*	*1000*
Dimethylamine, Anhydrous	*124-40-3*	*2500*
2,4-Dinitroanitine	*97-02-9*	*5000*
Ethyl Methyl Ketone Peroxide (also Methyl Ethyl Ketone Peroxide; concentration >60%)	*1338-23-4*	*5000*
Ethyl Nitrite	*109-95-5*	*5000*
Ethylamine	*75-04-7*	*7500*
Ethylene Fluorohydrin	*371-62-0*	*100*
Ethylene Oxide	*75-21-8*	*5000*
Ethyleneimine	*151-56-4*	*1000*
Fluorine	*7782-41-4*	*100*
Formaldehyde (Formalin')	*50-00-0*	*1000*
Furan	*110-00-9*	*500*
Hexafluoroacetone	*684-16-2*	*5000*
Hydrochloric Acid, Anhydrous	*7647-01-0*	*5000*
Hydrofluoric Acid, Anhydrous	*7664-39-3*	*1000*
Hydrogen Bromide	*10035-10-6*	*5000*

Nombre de la Sustancia Química	*Número CAS**	*Cantidad Umbral (Libras)***
Hydrogen Chloride	*7647-01-0*	*5000*
Hydrogen Cyanide, Anhydrous	*74-90-8*	*1000*
Hydrogen Fluoride	*7664-39-3*	*1000*
Hydrogen Peroxide (52% by weight or greater)	*7722-84-1*	*7500*
Hydrogen Selenide	*7783-07-5*	*150*
Hydrogen Sulfide	*7783-06-4*	*1500*
Hydroxlamine	*7803-49-8*	*2500*
Iron, Pentacarbonyl	*13463-40-6*	*250*
Isopropylamine	*75-31-0*	*5000*
Ketene	*463-51-4*	*100*
Methacrylaldehyde	*78-85-3*	*1000*
Methacryloyl Chloride	*920-46-7*	*150*
Methacryloyloxyethyl Isocyanate	*30674-80-7*	*100*
Methyl Acrylonitrile	*126-98-7*	*250*
Methylamine, Anhydrous	*74-89-5*	*1000*
Methyl Bromide	*74-83-9*	*2500*
Methyl Chloride	*74-87-3*	*15000*
Methyl Chloroformate	*79-22-1*	*500*
Methyl Ethyl Ketone Peroxide (concentration >60%)	*1338-23-4*	*5000*
Methyl Fluoroacetate	*453-18-9*	*100*
Methyl Fluorosulfate	*421-20-5*	*100*
Methyl Hydrazine	*60-34-4*	*100*
Methyl Iodide	*74-88-4*	*7500*
Methyl Isocyanate	*624-83-9*	*250*
Methyl Mercaptan	*74-93-1*	*5000*
Methyl Vinyl Ketone	*79-84-4*	*100*
Methyltrichlorosilane	*75-79-6*	*500*
Nickel Carbonly (Nickel Tetracarbonyl)	*13463-39-3*	*150*
Nitric Acid (94.5% by weight or greater)	*7697-37-2*	*500*
Nitric Oxide	*10102-43-9*	*250*
Nitroaniline (para Nitroaniline)	*100-01-6*	*5000*
Nitromethane	*75-52-5*	*2500*
Nitrogen Dioxide	*10102-44-0*	*250*
Nitrogen Oxides (NO; NO2; N204; N203)	*10102-44-0*	*250*
Nitrogen Tetroxide (also called Nitrogen Peroxide)	*10544-72-6*	*250*
Nitrogen Trifluoride	*7783-54-2*	*5000*
Nitrogen Trioxide	*10544-73-7*	*250*
Oleum (65% to 80% by weight; also called Fuming Sulfuric Acid)	*8014-94-7*	*1000*
Osmium Tetroxide	*20816-12-0*	*100*
Oxygen Difluoride (Fluorine Monoxide)	*7783-41-7*	*100*

Nombre de la Sustancia Química	*Número CAS**	*Cantidad Umbral (Libras)***
Ozone	*10028-15-6*	*100*
Pentaborane	*19624-22-7*	*100*
Peracetic Acid (concentration >60% Acetic Acid; also called Peroxyacetic Acid)	*79-21-0*	*1000*
Perchloric Acid (concentration >60% by weight)	*7601-90-3*	*5000*
Perchloromethyl Mercaptan	*594-42-3*	*150*
Perchloryl Fluoride	*7616-94-6*	*5000*
Peroxyacetic Acid (concentration >60% by Acetic Acid; also called Paracetic Acid)	*79-21-0*	*1000*
Phosgene (also called Carbonyl Chloride)	*75-44-5*	*100*
Phosphine (Hydrogen Phosphide)	*7803-51-2*	*100*
Phosphorus Oxychloride (also called Phosphoryl Chloride)	*10025-87-3*	*1000*
Phosphorus Trichloride	*7719-12-2*	*1000*
Phosphoryl Chloride (also called Phosphorus Oxychloride)	*10025-87-3*	*1000*
Propargyl Bromide	*106-96-7*	*100*
Propyl Nitrate	*627-3-4*	*100*
Sarin	*107-44-8*	*100*
Selenium Hexafluoride	*7783-79-1*	*1000*
Stibine (Antimony Hydride)	*7803-52-3*	*500*
Sulfur Dioxide (liquid)	*7446-09-5*	*1000*
Sulfur Pentafluoride	*5714-22-7*	*250*
Sulfur Tetrafluoride	*7783-60-0*	*250*
Sulfur Trioxide (also called Sulfuric Anhydride)	*7446-11-9*	*1000*
Sulfuric Anhydride (also called Sulfur Trioxide)	*7446-11-9*	*1000*
Tellurium Hexafluoride	*7783-80-4*	*250*
Tetrafluoroethylene	*116-14-3*	*5000*
Tetrafluorohydrazine	*10036-47-2*	*5000*
Tetramethyl Lead	*75-74-1*	*1000*
Thionyl Chloride	*7719-09-7*	*250*
Trichloro (chloromethyl) Silane	*1558-25-4*	*100*
Trichloro (dichlorophenyl) Silane	*27137-85-5*	*2500*
Trichlorosilane	*10025-78-2*	*5000*
Triflurochloroethylene	*79-38-9*	*10000*
Trimethyoxysilane	*2487-90-3*	*1500*

Fuente: U. S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, 1992, A

Anexo B

Materiales Inflamables (Petróleo) Volumen en Barriles (Bbls)

La reglamentación 29 CFR OSHA 1910.119 sobre Gestión de la Seguridad de Procesos (PSM) de la US OSHA establece que esta normativa aplica para instalaciones que contienen materiales inflamables a partir de 10.000 Lb (U. S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, 2000, p. 5), en consecuencia, el cálculo de los volúmenes a 60 ºF para petróleos partiendo del valor de la gravedad API de estos se relaciona en la siguiente tabla.

Masa (Lb):	**ρw (LPG):**
10.000,0	**8,33**
1 Bbl (Gal):	**γw:**
42,0	**1,000000**

ºAPI @ 60ºF	*γo*	*ρo (LPG)*	*Masa (Lb)*	*Vo (Gal) @ 60ºF*	*Vo (Bbls) @ 60ºF*
10,0	*1,000000*	*8,330000*	*10.000,0*	*1200,480192*	*28,582862*
11,0	*0,992982*	*8,271544*	*10.000,0*	*1208,964151*	*28,784861*
12,0	*0,986063*	*8,213902*	*10.000,0*	*1217,448110*	*28,986860*
13,0	*0,979239*	*8,157059*	*10.000,0*	*1225,932069*	*29,188859*
14,0	*0,972509*	*8,100997*	*10.000,0*	*1234,416028*	*29,390858*
15,0	*0,965870*	*8,045700*	*10.000,0*	*1242,899987*	*29,592857*
16,0	*0,959322*	*7,991153*	*10.000,0*	*1251,383946*	*29,794856*
17,0	*0,952862*	*7,937340*	*10.000,0*	*1259,867905*	*29,996855*
18,0	*0,946488*	*7,884247*	*10.000,0*	*1268,351864*	*30,198854*
19,0	*0,940199*	*7,831860*	*10.000,0*	*1276,835823*	*30,400853*
20,0	*0,933993*	*7,780165*	*10.000,0*	*1285,319782*	*30,602852*
21,0	*0,927869*	*7,729148*	*10.000,0*	*1293,803741*	*30,804851*
22,0	*0,921824*	*7,678795*	*10.000,0*	*1302,287700*	*31,006850*
23,0	*0,915858*	*7,629094*	*10.000,0*	*1310,771658*	*31,208849*
24,0	*0,909968*	*7,580032*	*10.000,0*	*1319,255617*	*31,410848*
25,0	*0,904153*	*7,531597*	*10.000,0*	*1327,739576*	*31,612847*
26,0	*0,898413*	*7,483778*	*10.000,0*	*1336,223535*	*31,814846*
27,0	*0,892744*	*7,436562*	*10.000,0*	*1344,707494*	*32,016845*
28,0	*0,887147*	*7,389937*	*10.000,0*	*1353,191453*	*32,218844*
29,0	*0,881620*	*7,343894*	*10.000,0*	*1361,675412*	*32,420843*
30,0	*0,876161*	*7,298421*	*10.000,0*	*1370,159371*	*32,622842*
31,0	*0,870769*	*7,253508*	*10.000,0*	*1378,643330*	*32,824841*
32,0	*0,865443*	*7,209144*	*10.000,0*	*1387,127289*	*33,026840*
33,0	*0,860182*	*7,165319*	*10.000,0*	*1395,611248*	*33,228839*
34,0	*0,854985*	*7,122024*	*10.000,0*	*1404,095207*	*33,430838*

Masa (Lb):	ρW (LPG):
10.000,0	8,33
1 Bbl (Gal):	**γw:**
42,0	1,000000

°API @ 60°F	*γo*	*ρo (LPG)*	*Masa (Lb)*	*Vo (Gal) @ 60°F*	*Vo (Bbls) @ 60°F*
35,0	*0,849850*	*7,079249*	*10.000,0*	*1412,579166*	*33,632837*
36,0	*0,844776*	*7,036985*	*10.000,0*	*1421,063125*	*33,834836*
37,0	*0,839763*	*6,995223*	*10.000,0*	*1429,547084*	*34,036835*
38,0	*0,834808*	*6,953953*	*10.000,0*	*1438,031043*	*34,238834*
39,0	*0,829912*	*6,913167*	*10.000,0*	*1446,515002*	*34,440833*
40,0	*0,825073*	*6,872857*	*10.000,0*	*1454,998961*	*34,642832*
41,0	*0,820290*	*6,833014*	*10.000,0*	*1463,482920*	*34,844831*
42,0	*0,815562*	*6,793631*	*10.000,0*	*1471,966879*	*35,046830*
43,0	*0,810888*	*6,754699*	*10.000,0*	*1480,450838*	*35,248829*
44,0	*0,806268*	*6,716211*	*10.000,0*	*1488,934797*	*35,450828*
45,0	*0,801700*	*6,678159*	*10.000,0*	*1497,418755*	*35,652828*
46,0	*0,797183*	*6,640535*	*10.000,0*	*1505,902714*	*35,854827*
47,0	*0,792717*	*6,603333*	*10.000,0*	*1514,386673*	*36,056826*
48,0	*0,788301*	*6,566546*	*10.000,0*	*1522,870632*	*36,258825*
49,0	*0,783934*	*6,530166*	*10.000,0*	*1531,354591*	*36,460824*
50,0	*0,779614*	*6,494187*	*10.000,0*	*1539,838550*	*36,662823*

Fuente: Autor

Donde:

ρ_W (LPG): Densidad del Referente Universal (Agua) en Libras por Galón (LPG)

γ_W: Gravedad Específica del Referente Universal (Agua)

°API @ 60 °F: Gravedad API del Petróleo a 60 °F

γ_O: Gravedad Específica del Petróleo

ρ_O (LPG): Densidad del Petróleo en Libras por Galón (LPG)

Masa (Lb): Masa en Libras (Lb)

V_O (Gal) @ 60 °F: Volumen del Petróleo a 60 °F en Galones (Gal)

V_O (Bbls) @ 60 °F: Volumen del Petróleo a 60 °F en Barriles (Bbls)

Anexo C

Términos y Conceptos de uso Común en la Seguridad de Procesos Basada en Riesgos Conforme al Centro para la Seguridad de Procesos Químicos

Los conceptos relacionados a continuación, en su gran mayoría, se fundamentan en el RBPS (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 16-40), mientras no se especifique una cita diferente al pie de cada término.

Accidente: Un evento no planificado, o secuencia de eventos, que generan consecuencias no deseadas sobre los trabajadores, el medio ambiente, los activos o las comunidades. Para nuestro caso particular, estas consecuencias pueden estar asociadas con explosión, incendio, reactividad, liberación de energía, intoxicación, etc, que genera la liberación accidental de sustancias químicas altamente peligrosas.

Aceptabilidad al Riesgo: Es el nivel máximo de riesgo de un proceso técnico en particular o actividad que un trabajador o la organización aceptan para permitir el desarrollo de una actividad o un proceso.

Análisis de Consecuencias: Es el análisis de los efectos potenciales que puede conllevar la pérdida de control de un evento de proceso, independientemente de la frecuencia o probabilidad que este se presente.

Análisis Costo-Beneficio: Es un indicador que permite comparar la reducción de los riesgos de proceso frente al costo de cada una de las medidas de intervención propuestas, permitiendo de esta forma seleccionar la mejor alternativa.

Análisis de Peligros de Proceso: O “PHA” es un esfuerzo organizado para identificar y evaluar peligros asociados con los procesos y operaciones para habilitar sus controles.

Área de Proceso: Un área que contiene equipos que hacen parte de un proceso o almacena materiales que potencialmente pueden ocasionar una explosión, fuego o liberación de materiales tóxicos.

Auditoría de Seguridad de Procesos: Es un proceso sistemático, que realiza un equipo o parte de este de forma independiente e imparcial con el fin de identificar evidencias que permitan establecer el grado de cumplimiento o conformidad con respecto a la legislación, una norma sobre seguridad de procesos o un elemento de cualquiera estas, conocida como “criterio de auditoria”.

Casi-Accidente: O “Near Miss” es un evento que bajo condiciones ligeramente diferentes, tiene el potencial de causar daño a las personas, al medio ambiente, a los activos, al proceso o a la comunidad en general.

Catastrófico: Es la pérdida o pérdidas ocasionadas por los accidentes de seguridad de procesos y que generan consecuencias mayores.

Confiabilidad del Equipo: Es la probabilidad de que el equipo de proceso desempeñe sus funciones adecuadamente dentro de un periodo de tiempo específico, mientras se mantengan condiciones ambientalmente estables.

Consecuencia: Son los efectos directos y no deseados que se generan por un accidente de proceso, los cuales usualmente incluyen fuego, explosión o liberación de materiales tóxicos. Estas consecuencias, pueden estimarse mediante las metodologías existentes de forma cualitativa o cuantitativa.

Controles: Son el conjunto de medidas de intervención de los peligros presentes en una actividad o un proceso, con el fin de llevar los riesgos a niveles aceptables por parte de la organización.

Cultura Organizacional: Conjunto de valores, comportamientos y normas aplicables a todos los niveles jerárquicos de la organización que afectan la operación de una facilidad.

Disciplina Operacional: Consiste en la realización de las tareas de forma correcta todo el tiempo. Los trabajadores demuestran su compromiso con la seguridad de proceso por medio de la Disciplina Operacional.

Equipo Crítico de Procesos: Son la serie de Equipos, Instrumentación, Controles, Alarmas o Sistemas, los cuales al presentar una falla pueden contribuir a la liberación accidental de una sustancia química altamente peligrosa y su consecuente evento catastrófico.

Desviación de Proceso: Es una condición del proceso que se encuentra fuera de los límites de diseño del proceso, de los límites de seguridad del proceso o inclusive fuera de control del procedimiento establecido.

Diagramas de Flujo de Proceso: Diagrama que representa el flujo de materiales desde una parte de un equipo hacia otra parte del proceso. Usualmente provee información acerca de presión, temperatura, composición y rata de flujo de cada una de las corrientes.

Diagramas de Tubería e Instrumentación: O “P&ID´s” es un diagrama que muestra detalladamente las características y disposición de tuberías, instrumentación y vasijas de un proceso.

Efectividad: Es la combinación del desempeño alcanzado en seguridad de procesos y la eficiencia del sistema de gestión de seguridad procesos. Un programa de seguridad de procesos efectivo produce los resultados requeridos con suficiente calidad (eficaz) y el uso mínimo de recursos (eficiencia).

Eventos de Pérdida de Contención Primaria: Eventos de liberación no planeada o no controlada de productos peligrosos fuera de su contención primaria (por ejemplo: tanque, contenedor, línea u otro equipo proyectado para servir como primera contención del material), aunque esa liberación esté direccionada a instalaciones proyectadas para servir como contención secundaria (por ejemplo: cuneta de contención, diques, etc.) (Machuca, 2017, 4)

Evento Inicial: Es la combinación mínima de fallas y errores que al presentarse dan inicio a una secuencia de incidentes.

Facilidad: Es la ubicación física donde se llevan a cabo las actividades del sistema de gestión.

Factores Humanos: Una disciplina relacionada con el diseño de maquinaria, operaciones y ambientes de trabajo que son acordes a las capacidades, limitaciones y necesidades humanas.

Falla: Es la diferencia "no aceptable" que se presenta entre el desempeño esperado y el desempeño observado.

Gestión de Seguridad de Proceso: O "PSM" es un sistema de administración que está focalizado en prevenir de, preparar para, mitigar de, responder a, y restaurar de liberaciones catastróficas de químicos o energía de un proceso asociado con una facilidad.

Gravedad API: Es una propiedad derivada de la gravedad específica del petróleo, la cual fue desarrollada por el Instituto Americano del Petróleo (API) y se expresa en los siguientes términos: $^{o}API = (141,5/ \gamma_O) – 131,5$; donde "$\gamma_O$" es la gravedad específica del petróleo medida con respecto al agua (como referente universal), ambas a 60 °F (15,5 °C). Generalmente el petróleo es menos denso que el agua, en consecuencia, la gravedad API es siempre mayor a 10 (Ray, 2011, p. 6). Ver el Anexo B, donde se relaciona el cálculo de los volúmenes a 60 °F para petróleos, a partir del valor de la gravedad API.

Indicadores Proactivos: O "Leading Indicators" son los indicadores que soportan la gestión de seguridad del proceso, y tienen la capacidad de predecir el desempeño. Por ejemplo: Grado de Implementación del Sistema de Gestión, Grado de cumplimiento de la política y los procedimientos, etc.

Identificación de Peligros y Análisis de Riesgos: Todas las actividades involucradas en la

identificación de peligros y evaluación de riesgos de las facilidades, a través de su ciclo de vida, con el fin de controlar los riesgos dentro de los términos de tolerabilidad de la organización.
Indicadores Reactivos: O “Lagging Indicators” son los indicadores que muestran el desempeño pasado u ocurrido de la gestión de seguridad de procesos realizada. Por ejemplo: Tasa de accidentalidad, Defectos de calidad, etc.
Incertidumbre: Una medida, frecuentemente cuantitativa, del grado de desconocimiento o falta de certeza asociada con la estimación del valor verdadero de un parámetro.
Inflamable: Material gaseoso que arde y produce llama en presencia de oxígeno y una fuente de ignición. Se incluyen igualmente los vapores que producen de líquidos inflamables y líquidos combustibles, por encima de su punto de chispa. Para efectos del presente trabajo, en el Anexo B se relacionan los Materiales Inflamables (Petróleo) y su Volumen en Barriles (Bbls) a los cuales les aplica el sistema de gestión de seguridad de procesos de acuerdo con la reglamentación 29 CFR OSHA 1910.119.
Inspección Basada en Riesgos: Un proceso de evaluación y administración de riesgos que se enfoca en determinar la pérdida de contención de equipos presurizados en facilidades de proceso a causa del deterioro de estos. Estos riesgos se administran como primera medida a partir de la inspección de los equipos.
Inspección, Prueba y Mantenimiento Preventivo: Actividades programadas de mantenimiento proactivo, que buscan principalmente: 1. Evaluar la condición actual y/o estado de deterioro de los equipos, 2. Probar la operatividad y funcionalidad de los equipos, y, 3. Prevenir la falla de los equipos.
Instructivos Operacionales: Una serie de acciones secuenciales que describen como operar un equipo.
Investigación de Incidentes: Es un enfoque sistemático para determinar las causas de un incidente y generar recomendaciones que permitan gestionar las causas y de esta forma prevenir o mitigar futuros eventos de similar naturaleza.
Liberación Accidental: Pérdidas de contención sin ningún tipo control que puede presentar una sustancia química altamente peligrosa.
Límites Operacionales: Los valores o rango de valores dentro de los cuales se debería mantener normalmente los parámetros de proceso cuando operan. Estos valores usualmente están relacionados con la preservación de la calidad de los productos o la operación eficiente de los

procesos, sin embargo, también se pueden incluir los límites seguros del proceso (superiores e inferiores) u otros que se consideren importantes.

Límites Operativos Seguros: Límites establecidos por los parámetros críticos del proceso, tales como temperatura, presión, nivel, flujo o concentración, con base a una combinación de los límites de diseño de los equipos y la dinámica del proceso.

Límites Seguros (Superiores e Inferiores): Se refiere a los límites de diseño de los equipos. Algunas veces a estos valores se les denomina como límites de diseño, por ejemplo: la presión de diseño, la temperatura de diseño, etc.

Líquido Combustible: Material que al mezclarse con el Oxígeno en las proporciones estequiométricas o de masa requeridas, y en presencia de una chispa o alguna manifestación de energía calórica, tiene el potencial de arder, producir llama y liberar energía calórica.

Lista de Chequeo: Relación de elementos verificables que se deben cumplir a cabalidad previo a la realización de una actividad particular.

Materiales Incompatibles: Es la reacción química indeseada de sustancias que se mezclan o combinan.

Matriz de Riesgos: Forma tabulada de expresar criterios de tolerancia al riesgo. Involucra escalas de probabilidad y consecuencias, donde cada celda representa un nivel de riesgo particular (Mascaro, 2020, 6).

Mejoramientos Continuo: Es la realización cada vez mejor de las actividades y procesos como resultado del esfuerzo regular, consistente y mantenido, el cual produce el mejoramiento positivo del desempeño, la eficiencia o ambos.

Metodología: La combinación de dos o más herramientas de investigación de incidentes para analizar la evidencia y determinar las causas raíz de los incidentes.

Mitigar: Reducir el impacto de la pérdida de los incidentes.

Operador: Trabajador responsable por monitorear, controlar y realizar las tareas necesarias para dar cumplimiento con las actividades productivas de un sistema.

Parte Interesada: Individuos, entidades u organizaciones que pueden o creen ser afectados por la operación de una facilidad, también se incluye a quienes hacen parte de la operación o monitoreo de la facilidad.

Peligro: Dentro del contexto del presente trabajo, hace referencia a una característica física o química implícita que tiene el potencial de causar daño a los trabajadores, al ambiente, los

activos o a la comunidad.

Peligro de Reactividad Química: Reacción sin control que se presenta de forma espontánea al mezclarse dos o más materiales de forma motivada o accidental. La mezcla de estos materiales tiene el potencial de generar el incremento súbito de la temperatura, incremento de la presión, u otro tipo de manifestación de energía y sus consecuentes daños.

Peligro Tóxico: Es una medida del peligro que se genera hacia los organismos vivos por parte de un agente tóxico, contempla también el medio a través del cual ingresa a los organismos vivos.

Prácticas de Trabajo Segura: Es el conjunto de políticas, procedimientos, permisos de trabajo, y otros sistemas, los cuales son diseñados para administrar los riesgos asociados con las actividades no rutinarias, tales como, actividades de trabajo en caliente, apertura de vasijas de proceso o tuberías, o ingreso a espacios confinados, etc.

Prevención: El proceso por medio del cual se eliminan o previenen los peligros y riesgos asociados a una actividad particular.

Procedimientos Operacionales Escritos: Son las instrucciones, paso a paso e información necesaria para operar un equipo las cuales se compilan en un documento escrito, que incluye además las instrucciones operacionales, descripción del proceso, límites operacionales, peligros químicos y requerimientos de seguridad de los equipos.

Proceso: Término amplio que incluye los equipos y la tecnología necesaria para la producción petroquímica, incluyendo reactores, tanques, tuberías, calderas, torres de enfriamiento, sistemas intercambiadores, etc.

Químico Altamente Peligroso: Todo material tóxico, reactivo o inflamable que es capaz de causar un incidente de seguridad de procesos, si este es liberado. Estos materiales se relacionan en la Lista de Materiales Altamente Peligrosos de la regulación 29 CFR OSHA 1910.119 y relacionadas en el Anexo A Lista de Químicos Altamente Peligrosos, Tóxicos y Reactivos, así como, en el Anexo B Materiales Inflamables (Petróleo) Volumen en Barriles (Bbls).

Químico Peligroso: Todo material tóxico, reactivo o inflamable que es capaz de causar un incidente de seguridad de procesos, si este es liberado. También se utiliza el término Material Peligroso.

Reactividad: La tendencia relativa de una sustancia a someterse a una reacción química.

Riesgo Aceptable: Riesgo residual que se produce una vez se han tomado las medidas de intervención de los peligros del proceso, y que resulta tolerable para la actividad, para el proceso

y para la organización.

Seguridad de Procesos Basada en Riesgos: O “RBPS” es el enfoque de la gestión de seguridad de procesos propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS), que usa estrategias y tácticas de implementación con base en riesgos, las cuales son confrontadas con las necesidades que se identifican con el fin de generar las actividades de seguridad, disponer recursos y propender por mejorar la cultura de seguridad de procesos existente para diseñar, corregir y mejorar las actividades de la gestión de procesos. El enfoque basado en riesgos reconoce que todos los peligros y riesgos no son iguales, por lo tanto, la distribución de los recursos se realiza prioritariamente para el control de los peligros más significativos y riesgos más críticos.

Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos: Conjunto de políticas, procedimientos y prácticas, diseñadas para garantizar que las barreras para prevenir eventos catastróficos se encuentran disponibles, son usadas e igualmente efectivas.

Severidad: Corresponde a las máximas consecuencias o efectos posibles, considerando que no ha sido implementada ninguna medida de seguridad.

Sistema Instrumentado de Seguridad: O “SIS” corresponde a la instrumentación, lazos de control e interlocks dispuestos para la operación segura de los procesos.

Shutdown: O “S/D” corresponde a una acción por medio de la cual una planta o un sistema operativo es puesto en un modo seguro o no operativo.

Sostenibilidad: Consiste en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad que las futuras generaciones satisfagan sus propias necesidades.

Sustancia Química Altamente Peligrosa: Materiales o productos químicos usados a la entrada de un proceso como materia prima, y/o que se produce en las etapas intermedias de este, y/o a la salida del proceso, y que por las condiciones físicas y químicas implícitas que posee y del proceso como tal pueden ser liberadas de forma accidental a la atmósfera, pudiendo ocasionar daños muy graves a los trabajadores, al medio ambiente, a los activos y a la comunidad en general.

Tan Bajo como sea Razonablemente Posible: O “ALARP” los esfuerzos para reducir el riesgo deberían mantenerse hasta que los sacrificios incrementales, en términos de costos, tiempo, esfuerzo u otro gasto de recursos, sean altamente desproporcionados a la reducción incremental del riesgo alcanzado. El término Tan Bajo como sea Razonablemente Alcanzable “ALARA” es

frecuentemente usado como sinónimo.

Tolerancia al Riesgo: Ver “Aceptabilidad al Riesgo”.

Trabajo en Caliente: Cualquier operación que puede producir llama, chispa o materiales incandescentes, por ejemplo: Trabajo de Soldadura.

Variable: Una cantidad o condición cuyo valor está sujeto a cambiar y puede usualmente ser medido.

Vulnerabilidad: Cualquier debilidad que puede ser aprovechada por un adversario para obtener acceso a un activo o facilidad.

Anexo D

Cuadro Resumen de la Legislación Colombiana en Materia de Gestión de Riesgos

Legislación	***Aspectos normativos***
Ley 320 de 1996	*Esta ley fue emitida «el 20 de Septiembre de 1996 por el Congreso de la República de Colombia que aprobó el Convenio No. 174 sobre la prevención de accidentes industriales mayores y la Recomendación No. 181 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, ambos de la OIT, y que fueron promulgados mediante el Decreto 2053 de 1999» (Congreso de la República, 1996, p. 1); la cual posteriormente «fue declarada exequible por la Corte Constitucional, mediante la Sentencia C-280-97 del 5 de junio de 1997» (Congreso de la República, 1996, 1).*
Decreto 321 de 1999	*Este decreto fue emitido «el 17 de Febrero de 1999 por el Ministerio del Interior y adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas, en aguas marinas, fluviales y lacustres, que es conocido con las siglas -PNC- es servir de instrumento rector del diseño y realización de actividades dirigidas a prevenir, mitigar y corregir los daños que éstos puedan ocasionar, y dotar al Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de una herramienta estratégica, operativa e informática que permita coordinar la prevención, el control y el combate por parte de los sectores público y privado nacional, de los efectos nocivos provenientes de derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en el territorio nacional, buscando que estas emergencias se atiendan bajo criterios unificados y coordinados» (Ministerio del Interior, 1999, p. 1, 2).*
Ley 1523 de 2012	*Esta ley fue emitida «el 24 de Abril de 2012 por el Congreso de la República de Colombia y adoptó la Política y el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia, así mismo, como una herramienta para la implementación de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Igualmente, determinó la estructura del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD), y así mismo, el Capítulo III desarrolló los instrumentos de planificación y bajo ese marco en el Artículo 42, estableció la obligación para todas las entidades públicas y privadas encargadas de la prestación de servicios públicos, que ejecuten obras civiles mayores o que desarrollen actividades industriales o de otro tipo que puedan significar riesgo de desastre para la sociedad, así como, las que específicamente determine la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, que deberán realizar un análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia, así como, los que se deriven de su operación. Es así como, con base en este análisis deberán diseñarse e implementarse las medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia que serán de*

Legislación	*Aspectos normativos*
	obligatorio cumplimiento» (Congreso de la República, 2012, p. 1).
Ley 1562 de 2012	*Esta ley fue emitida «el 11 de Julio de 2012 por el Congreso de la República de Colombia y modifica el Sistema de Riegos Laborales, y cambia el concepto de salud ocupacional, por el de seguridad y salud en el trabajo, y el concepto de programa de salud ocupacional, por el de sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), así mismo, actualiza los conceptos de accidente de trabajo y enfermedad laboral, de conformidad con la reglamentación de la OIT» (Congreso de la República, 2012, p. 1-3)*
Decreto 1072 de 2015	*Este decreto fue emitido «el 26 de Mayo de 2015 por el Ministerio de Trabajo de Colombia, por medio del cual expidió el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo (Ministerio del Trabajo de Colombia, 2015). Específicamente estableció en su Libro 2, Parte 2, Título 4, Capítulo 6, las disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). En este sentido, el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo que desarrollen los empleadores o contratantes es el resultado de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua con el objetivo de gestionar los peligros y riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud de los trabajadores a su cargo. Teniendo en cuenta la importancia de prevenir las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo a los cuales están expuestos los trabajadores, este decreto brinda las herramientas para promover y proteger la salud y la seguridad de los trabajadores, y establece que la implementación del SG-SST debe ser liderada por el empleador» (Ministerio del Trabajo, 2015, p. 94-122).*
Decreto 308 de 2016	*Este decreto fue emitido «el 24 de Febrero de 2016 por la Presidencia de la República de Colombia con el fin de adoptar el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres para el periodo 2015 a 2025, y consagra en el Objetivo Estratégico 1 "Mejorar el conocimiento del riesgo en el territorio nacional", y en el programa 1.3 "Conocimiento del riesgo de desastres por fenómeno de origen tecnológico", entre otros aspectos tendientes al conocimiento del riesgo y la identificación de las instalaciones peligrosas por razón de riesgos químicos» (Presidencia de la República, 2016, p. 1-5).*
CONPES 3868	*Es la «política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas del Consejo Nacional de Política Económica y Social expedida el 5 de octubre de 2016, denominado CONPES 3868. El documento busca integrar de manera coherente los procesos de gestión del riesgo y las etapas del ciclo de vida de las sustancias químicas para cubrir el amplio espectro de los problemas asociados con su uso, visto desde la óptica de dos objetos de interés: (i) la sustancia química y (ii) las instalaciones donde se usan; al tiempo que se fortalece la articulación y el compromiso de las entidades responsables del proceso de gestión» (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 3).*

Legislación	***Aspectos normativos***
Decreto 2157 de 2017	*Este decreto fue emitido «el 20 de Diciembre de 2017 por parte de la Presidencia de la República de Colombia y adopta las directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del Artículo 42 de la Ley 1523 de 201l, y adicionó el Capítulo 5 al Título 1 de la Parte 3 del Libro 2 del Decreto 1081 de 2015 Único del Sector de la Presidencia de la República, el cual definió como alcance del Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de las Entidades Públicas y Privadas (PGRDEPP), la inclusión del análisis específico de riesgo el cual deberá considerar los posibles efectos de eventos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia de posible afectación por la entidad, así como, de su operación que puedan generar una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento. Con base en ello se deberá realizar el diseño e implementación de medidas para reducir las condiciones de riesgo actual y futuro, además de la formulación del plan de emergencia y contingencia, con el fin de proteger la población, mejorar la seguridad, el bienestar y sostenibilidad de las entidades» (Presidencia de la República, 2017, p. 1-2).*
Resolución 0312 de 2019	*Esta resolución «derogó a la Resolución 1111 de 2017» y fue emitida «el 13 de Febrero de 2019 por parte del Ministerio del Trabajo de Colombia y definió los Estándares Mínimos que deberán conformar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), de conformidad con cada tipo de empresa o entidad, el número de trabajadores, la actividad económica a la cual esta se dedica, la clase de riesgo y la labor u oficios que desarrollan» (Ministerio del Trabajo, 2019, p. 1).*
Resolución 4 0295 de 2020	*Esta resolución fue emitida «el 7 de Octubre de 2020 por parte del Ministerio de Minas y Energía de Colombia», y en esta «se establecen los criterios técnicos para proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos costa afuera en Colombia. Específicamente en el Título II sobre "Seguridad de los procesos durante la perforación, intervención de pozos y producción de hidrocarburos costa afuera", en su Artículo 5 indica que los operadores previo al inicio de las operaciones de exploración y/o explotación de hidrocarburos costa afuera, deberán remitir copia del Programa de Seguridad de Procesos al ente de Fiscalización y el cual formará parte del Plan de Gestión del Riesgo en armonía con el Decreto 2157 de 2017 o la norma que lo modifique, sustituya o adicione, y se realizará con base en alguna de la siguientes prácticas recomendadas o estándares: la Práctica Recomendada API RP 75 "Recommended Practice for Development of a Safety and Environmental Management System for Offshore Operations and Facilities", el reporte 510 de la IOGP "Operaring Management System Framework for Controlling Risk and Delivering High Performance in the Oil and Gas Industry", CCPS, Seveso Directive, Energy Institute o COMAH Regulations» (Ministerio de Minas y*

Legislación	***Aspectos normativos***
	Energía, 2020, p. 1, 2)

Fuente: Adaptación hecha por el autor a partir de la legislación colombiana existente en materia de gestión del riesgo y prevención de desastres

Anexo E

Formato para Sistematización de Variables del Trabajo de Investigación

Título del trabajo de investigación:		*Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia*		
Datos de los investigadores				
Nombres y apellidos:		*Luis Emiro Cabrera Pinto*		
Pregunta de investigación				
¿Cuáles factores estratégicos influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia?				
Cuadro de variables				
Variables	***Indicadores***	***Categoría***	***Clase de variable***	
Factores Estratégicos	*Dominio Participación Estilo Producción Petróleo Tamaño Madurez Implementación Accidentalidad Filosofía*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cualitativo*
			Tipo de Indicador:	*Nominal*
Dominio (Origen)	*Internacional Nacional Regional Local*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cualitativo*
			Tipo de Indicador:	*Ordinal*
Participación de la organización	*Privada Estatal Mixta*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cualitativo*
			Tipo de Indicador:	*Nominal*
Estilo organizacional	*Vertical Horizontal Circular*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cualitativo*
			Tipo de Indicador:	*Nominal*
Producción de Petróleo (BPD)	*<1.000 1.001-10.000 10.001-100.000 100.001-1.000.000 >1.000.000*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cuantitativo*
			Tipo de Indicador:	*Continuo*
Clase de Petróleo (ºAPI)	*Extrapesado (<10) Pesado (10-15) Intermedio (15-25) Liviano (>25)*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cuantitativo*
			Tipo de Indicador:	*Continuo*
Tamaño de la Organización (# Trabajadores)	*Muy Pequeña 1-10 Pequeña 11-50 Mediana 51-500 Grande 501-5.000*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cuantitativa*
			Tipo de Indicador:	*Discreto*
Grado de Madurez (# Años de experiencia)	*Nueva (<1) Poca (1-5) Media (6-10) Mucha (>10)*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cualitativo*
			Tipo de Indicador:	*Ordinal*
	1%-25%	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*

Estado de Implementación (%)	*26%-50%* *51%-75%* *76%-100%*		***Enfoque:***	*Cuantitativo*
			Tipo de Indicador:	*Continuo*
Accidentalidad (# Eventos por año)	*0-5* *6-10* *11-20* *>20*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cuantitativo*
			Tipo de Indicador:	*Discreto*
Filosofía Operacional	*Predictiva* *Preventiva* *Correctiva*	*Estratégica*	***Tipo de variable:***	*Independiente*
			Enfoque:	*Cualitativo*
			Tipo de Indicador:	*Ordinal*
Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos	*Veinte (20) Requisitos*	*Requisitos*	***Tipo de variable:***	*Dependiente*
			Enfoque:	*Cualitativo*
			Tipo de Indicador:	*Nominal*

Clase de variable						
Tipo de variable	*Independiente*	***Enfoque***	***Tipo de indicador***			
		Cuantitativo	*Continuo*			
	Interviniente			*Discreto*		
		Cualitativo			*Nominal*	
	Dependiente					*Ordinal*
		Mixto	*X*	*X*	*X*	*X*
Bibliografía						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a plantilla diseñada originalmente por el director de la investigación

Anexo F

Formato de Resumen Analítico Especializado (RAE)

Nombres y apellidos del investigador:					***Fecha:***		
Título del trabajo de investigación:							
Información general							
Fuente del documento:	*Google*		*Google académico*		*Elsevier*		
	Mendeley:		*Redalyc*		*Otra*		
	Otra:						
Título del documento:							
Autor:							
Ciudad: Editorial, Año							
Fecha de revisión:							
Tipo de documento:	***Si se trata de un documento de internet indique a continuación la dirección web:***						
	Libro de Autor		*Capítulo de libro*				
	Artículo de revista		*Artículo de memorias*				
	Tesis de grado						
	Otro:						
Palabras claves:							
Idioma:	*Español*		*Inglés*				
	Otro:						
Contenido							

Identificación de macro-temas del marco teórico (Marque con una X)		***Si***	***No***
Macro-tema 1	*Factores estratégicos de las organizaciones que producen petróleo en Colombia*		
Macro-tema 2	*Seguridad de procesos basada en riesgos*		
Macro-tema 3	*Legislación y normas de buenas prácticas de la industria en seguridad de procesos*		
Macro-tema 4	*Estudios antecedentes*		

Metodologías de gestión de riesgos de proceso de organismos internacionales (Marque con una X)

	Metodología	***Si***	***No***
Reglamentarias	*US OSHA - EPA*		
	Directiva seveso III		
	COMAH UK HSE		
	NOM-028-STPS-2012 México		
	Otra:		
Normas de buenas prácticas de la industria	*RBPS - CCPS*		
	Energy Institute UK		
	API RP 75		
	OGP – IPIECA		
	Otra:		

	Evaluación		*Selección*		*Definición*		

Etapa de aplicación	*Ejecución*		*Operación*		*Decomisionamiento*		
	Abandono		***Otra:***				
Operación	*Exploración*		*Perf & comp pozos*		*Intervención pozos*		
	Const. facilidades		*Prod. & matto*		*Transf. custodia*		
	Refin. & petroq.		***Otra:***				

| ***Articulación de los factores estratégicos y la implementación de los requisitos del RBPS*** | | | | | | |

	Aprendizaje a partir de la experiencia:	*(18) Medición e indicadores*		
		(19) Auditorías		
		(20) Revisión de la gestión y mejoramiento continuo		
	Otro:			
Resumen o Abstract:				

Introducción (cita textual), análisis y conclusiones de la lectura	
Introducción (cita textual)	***Análisis***
Conclusiones de la lectura	
Notas del investigador	

Fuente: Adaptación hecha por el autor a plantilla diseñada originalmente por el director de la investigación

Anexo G

Cuestionario sobre la Aplicabilidad de la Gestión de Seguridad de Procesos en la Industria de los Hidrocarburos

El presente cuestionario hace parte de un conjunto de instrumentos diseñados dentro de un estudio de carácter puramente académico, con el fin de llevar a cabo la recopilación de información importante que permitirá enrutar la investigación del trabajo de grado que desarrolla un estudiante de la Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo de la Corporación Universitaria Unitec de Colombia.

Agradecemos la mayor sinceridad y transparencia con las respuestas a cada una de las preguntas planteadas, puesto que los datos recopilados nos permitirán obtener conclusiones altamente relevantes para el estudio en cuestión. De igual manera, es importante referir que los datos de la información recopilada se mantendrán en absoluta reserva por parte del responsable del estudio, ya que estos no se mostrarán de forma individual, sino una vez sean procesados estadísticamente para apoyar las conclusiones del estudio en referencia. En el mismo sentido, es importante reiterar que los datos personales y opiniones se tratarán conforme a las normas regionales en materia tratamiento de datos. Si considera que alguna información vulnera su privacidad, por favor, absténgase de responder el cuestionario.

Información general del participante						
Fecha:		***Nombres y apellidos:***				
Profesión de base:						
¿Cuenta con posgrado en alguna especialidad?		*Si*		*No*		
¿Cuál?						
¿Ha laborado en la industria de los hidrocarburos?		*Si*		*No*		
Especifique su experiencia con los hidrocarburos relacionados						
Hidrocarburo	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Gas natural						
Petróleo (>=15 ºAPI)						
Crudo pesado (10-15 ºAPI)						
Crudo extrapesado (<=10 ºAPI)						
Otro						
Especificar otro:						
Especifique los tipos de compañía en las cuales ha laborado y su experiencia acumulada						
Compañía	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Servicios						
Operadora						
Gubernamental						
Institución educativa						
Otra						
Especificar otra:						
Indique su experiencia acumulada en cada una de las actividades						
Actividad	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Exploración						
Perforación, completamiento y/o servicios						
Intervención y servicios a pozos						

Construcción de facilidades de producción						
Operaciones de producción, mantenimiento y tratamiento químico						
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización						
Operaciones de refinación y petroquímica						
Otra						
Especificar otra:						
Indique su experiencia acumulada en cada una de las categorías						
Categoría	***<5 Años***	***5-10 Años***	***10-20 Años***	***20-30 Años***	***>30 Años***	***No***
Administrativos y estratégicos						
Operativos y propios del negocio						
Soporte (RRHH, HSEQ, PSM, Mtto, etc)						
Otra						
Especificar otra:						
Gestión de los riesgos de procesos industriales (PSM)						
Para diligenciar la siguiente sección, es importante tener en cuenta que cualquiera de los Sistemas de Gestión de Seguridad de Procesos (PSM) existentes, tienen por objeto la prevención de los accidentes mayores, a través de la gestión preventiva de los riesgos de procesos industriales, que aunque tienen una probabilidad de baja de ocurrencia, cuando se presentan sus consecuencias tienen el potencial de generar afectaciones catastróficas sobre las personas, ambiente y/o los activos. Este tipo de accidentes están relacionados con la pérdida de contención, o liberación accidental de sustancias químicas (entre ellas los hidrocarburos), así como, eventualmente alguna forma de energía. Los escenarios posibles son los siguientes: nubes tóxicas, derrames, incendio y/o explosión. Por favor, tener presente los siguientes acrónimos: *PSM - Process Safety Management* *US OSHA y EPA - Es el PSM de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional y la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América* *RBPS - CCPS - Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos de Estados Unidos de América* *Energy Institute UK - Marco de Referencia para la Gestión de la Seguridad de Procesos del Instituto de Energía del Reino Unido* *Directiva Seveso III - Directiva Seveso para la Gestión de la Seguridad de Procesos aplicable a la Comunidad Europea en su versión vigente (Tercera)* *API RP 75 - Práctica Recomendada para el Desarrollo de un Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental para Operaciones y Facilidades Costa Afuera*						
Durante su experiencia profesional ¿Ha tenido la oportunidad de conocer o familiarizarse con algún sistema de gestión de seguridad de procesos (Process Safety Management - PSM) para gestionar los riesgos de los procesos industriales?	*Si*		*No*			
De acuerdo con su experiencia, en una escala de 1 a 5, donde 1 es el nivel más bajo y 5 el nivel más alto, por favor indicar su nivel de conocimiento en cada una de las metodologías relacionadas a continuación para la gestión de los riesgos de procesos industriales. Indique a una única calificación por metodología:						

Metodología	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
PSM (US OSHA - EPA)					
RBPS - CCPS					
Energy institute - UK					
Directiva seveso III					
API RP 75					
Otra					
Especificar otra					

De acuerdo con su experiencia, en una escala de 1 a 5, donde 1 es el nivel más bajo y 5 el nivel más alto de importancia, por favor indicar en cuales de las siguientes actividades de la industria de los hidrocarburos considera que la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos es relevante y pertinente. Indique a una única calificación por actividad:					
Actividad	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Exploración					
Perforación, completamiento y/o servicios					
Intervención y servicios a pozos					
Construcción de facilidades de producción					
Operaciones de producción, mantenimiento y tratamiento químico					
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización					
Operaciones de refinación y petroquímica					
Otra					
Especificar otra:					

De acuerdo con su experiencia, favor indicar para cada una de las actividades enunciadas, cual considera la metodología más apropiada para la gestión de los riesgos de procesos industriales. Por actividad especifique las metodologías que mejor se ajustan a las actividades enunciadas:							
Actividad	*PSM*	*RBPS*	*Energy institute*	*Seveso III*	*API RP 75*	*Otra 2*	*No aplica*
Exploración							
Perforación, completamiento y/o servicios							
Intervención y servicios a pozos							
Construcción de facilidades de producción							
Operaciones de producción, mantenimiento y tratamiento químico							
Operaciones de transferencia bajo custodia y comercialización							
Operaciones de refinación y petroquímica							
Otra 1							
Especificar otra 1:							

Especificar otra 2:						
En el supuesto que tuviera la responsabilidad de implementar un sistema para gestionar los riesgos del proceso industrial donde actualmente se desempeña, o donde actualmente labora, ¿Cual de las metodologías aplicaría? Desde su experiencia en la industria de los hidrocarburos, ¿Cual metodología recomendaría? Indique solo una.						
¿Por qué?						
Aplicaría la metodología de forma:	*Parcial*		*Completa*		*Híbrida*	
¿Cuáles requisitos de esta metodología considera de mayor importancia para su implementación? Menciónelos.						
¿Cuáles requisitos de esta metodología no implementaría? Menciónelos.						

Fuente: Autor

Anexo H

Formato de Entrevista para Caracterización de las Organizaciones Petroleras en Latinoamérica

Información del Trabajo de Investigación			
Título del trabajo de investigación:	*Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia*		
Datos del investigador			
Nombres y apellidos:	*Luis Emiro Cabrera Pinto*	***Número de Identificación:***	
Pregunta de investigación			
¿Cuáles son los factores estratégicos que influyen en la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia?			
Presentación			
Estimado Ingeniero: *Antes que todo se agradece la disposición que ha manifestado para participar en la realización de esta entrevista, la cual hace parte de un conjunto de instrumentos diseñados dentro de un estudio de carácter netamente académico, con el fin de llevar a cabo la recopilación de información importante que permitirá enrutar el desarrollo de la investigación del trabajo de grado que desarrolla el investigador, quien actualmente es estudiante de la Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo de la Corporación Universitaria Unitec de Colombia.* *Debido a la poca disponibilidad de información acerca de los* ***Factores Estratégicos*** *que caracterizan a las organizaciones que se dedican a la producción de petróleo en Latinoamérica, que igualmente son determinantes a la hora de diseñar e implementar un* ***Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos conforme a los requisitos del Center for Chemical Process Safety (RBPS – CCPS)****, aspectos que hacen necesario desarrollar esta entrevista. Por otro lado, teniendo en cuenta su conocimiento en la temática desarrollada en esta investigación, así como, su amplia experiencia en el rubro petrolero lo hace un candidato imprescindible para participar en la entrevista.* *Es importante su sinceridad y transparencia con las respuestas a cada una de las preguntas planteadas, puesto que la información recopilada contribuirá a aclarar los aspectos previamente mencionados, y en ese mismo sentido apoyarán la obtención de las conclusiones del estudio en cuestión. Finalmente, es pertinente indicar que los datos de la información recopilada se mantendrán en absoluta reserva por parte del responsable del estudio, ya que estos no se mostrarán de forma individual, sino como un solo conjunto dentro de la población participante, por otro lado, los datos personales y opiniones se tratarán conforme a las normas regionales en materia tratamiento de datos, es por esta razón que si considera que alguna de la información solicitada vulnera su privacidad, por favor, absténgase de responder las preguntas de la entrevista.*			
Desarrollo de la entrevista			
Datos del Entrevistado			
Nombres y apellidos:		***Nacionalidad:***	
Profesión:		***Especialidad:***	
Experiencia general:	*Años*	***Experiencia específica:***	*Años*
1. Pregunta: ¿Considera que el Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos (RBPS – CCPS) es aplicable a las organizaciones del sector petrolero? ¿Por qué?			
Indicar: Si o No			
¿Por qué?			
2. Pregunta: ¿Considera que existen factores estratégicos en las organizaciones del sector petrolero que determinan si es necesario diseñar e implementar un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos (RBPS – CCPS)?			
Indicar: Si o No			

3. Pregunta: ¿Cuáles factores estratégicos considera determinantes en una compañía del sector petrolero a la hora de tomar la decisión de diseñar e implementar un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos (RBPS – CCPS)? Por favor enúncielos.

Por favor enúncielos

Mediante un ejercicio preliminar de lluvia de ideas (Brainstorming) se identificaron algunos Factores Estratégicos que caracterizan a las compañías que se dedican a explorar y producir petróleo en Latinoamérica, y que así mismo son determinantes a la hora de tomar decisiones en cuanto al diseño e implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos (RBPS – CCPS) para el control de los riesgos de sus procesos industriales, estos son: Dominio u Origen, Tipo de Participación, Estructura Organizacional, Producción, Clase de Hidrocarburos, Tamaño de la Organización, Madurez de la Organización, Estado de Implementación del Sistema de Gestión, Accidentalidad y Filosofía Operacional.

Estimado Profesional: *Por favor, tenga en cuenta que la siguiente lista de chequeo hace referencia a los factores previamente enunciados; sin embargo, siéntase en libertad de ampliar sus respuestas en la casilla de observaciones y comentarios, e inclusive refutar los factores propuestos y su respectiva categorización.*

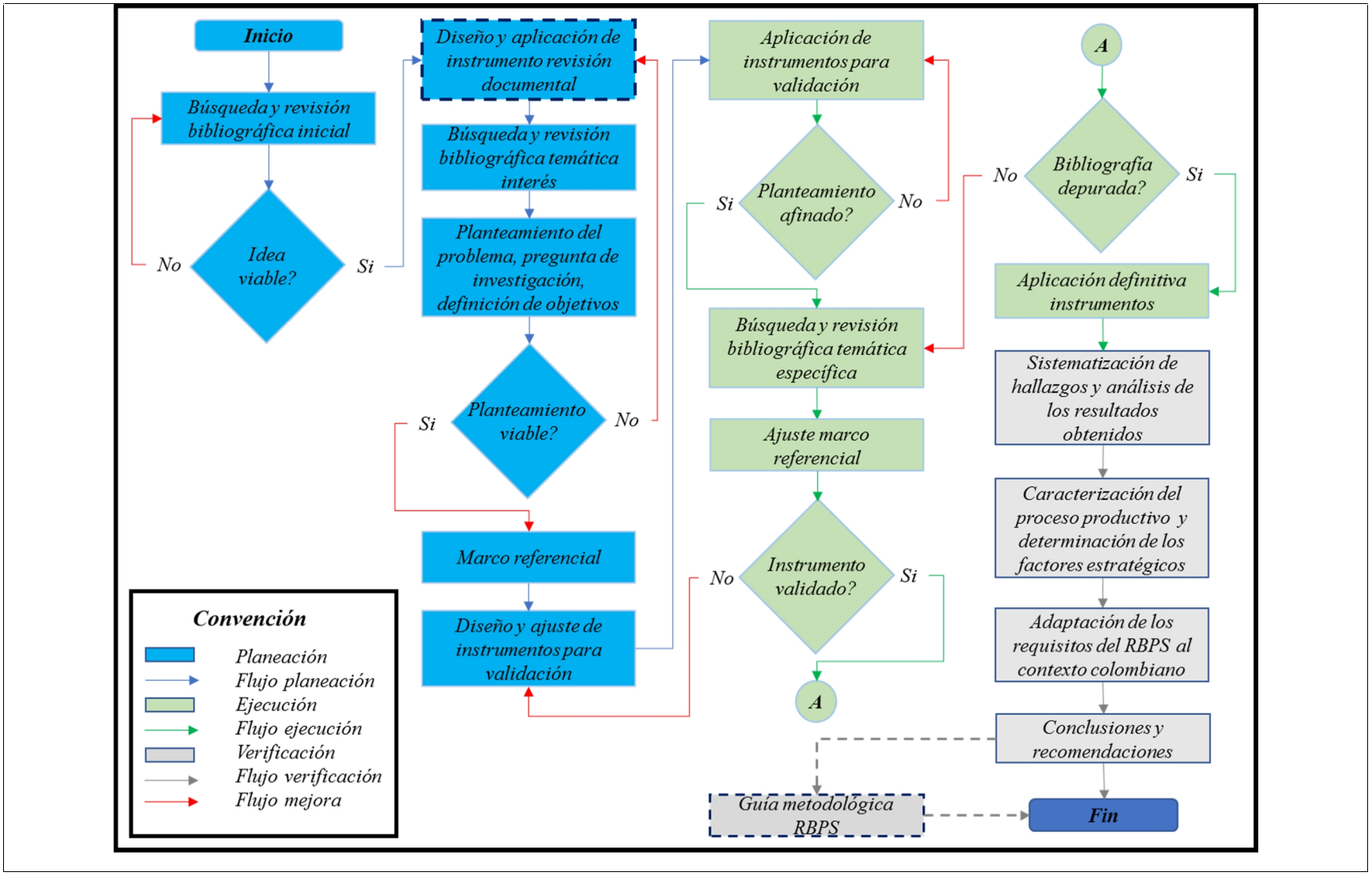
Factor Estratégico Propuesto	***Categorización***	***Marque una X***		***Observación***
		Si Aplica	***No Aplica***	
Dominio u Origen de la Compañía	*Internacional* *Nacional* *Regional* *Local*			
4. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
Tipo de Participación de la Compañía	*Privada* *Estatal* *Mixta*			
5. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
Estructura Organizacional	*Vertical* *Horizontal* *Circular*			
6. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
Producción de Petróleo (BPD)	*< 1.000* *1.001 - 10.000* *10.001 - 100.000* *100.001 - 1.000.000* *> 1.000.000*			
7. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
Clase de Petróleo (°API)	*Extrapesado (< 10)* *Pesado (10 - 15)* *Intermedio (15 - 25)* *Liviano (> 25)*			
8. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				

Factor Estratégico Propuesto	*Categorización*	*Marque una X*		*Observación*
		Si Aplica	*No Aplica*	
Tamaño de la Organización (# Trabajadores)	*Muy Pequeña (1 - 10)* *Pequeña (11 - 50)* *Mediana (51 - 500)* *Grande (501 - 5.000)*			
9. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
Grado de Madurez de la Organización (# Años de Experiencia)	*Nueva (< 1)* *Poca (1 - 5)* *Media (6 - 10)* *Mucha (> 10)*			
10. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
Estado de Implementación de los Requisitos del RBPS - CCPS (%)	*1% - 25%* *26% - 50%* *51% - 75%* *76% - 100%*			
11. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
Accidentalidad (# Accidentes e Incidentes de Proceso por Año)	*0 - 5* *6 - 10* *11 - 20* *> 20*			
12. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
Filosofía Operacional	*Predictiva* *Preventiva* *Correctiva*			
13. Comentarios del entrevistado sobre este factor:				
14. ¿Tiene algunos comentarios adicionales sobre el ejercicio que considere pertinentes?				
Favor indicar sus comentarios adicionales				
Firma y Número del Documento de Identificación del Entrevistado:		***Fecha de diligenciamiento:***		
Consentimiento informado: *Por medio de mi firma manifiesto que fui informado suficientemente por el investigador del proyecto de los alcances del mismo, así como fueron resueltas todas las inquietudes al respecto del manejo de los datos aquí consignados. Autorizo el uso de la información para el uso determinado, de alcance académico.*				

Fuente: Adaptación hecha por el autor a plantilla diseñada originalmente por el director de la investigación

Anexo I

Diseño Metodológico del Trabajo de Investigación



Fuente: Autor

Anexo J

Notas y Apartes Importantes desde cada uno de los Documentos Usados en RAE

No.	*Título*	*Autor*	*Editorial*	*Año*	*Tipo de documento*	*Dirección web*	*Notas y apartes importantes desde el documento*
1	*Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena Caso (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena)*	*José Leandro Lacayo Mendoza & Jahir Ortiz Jaimes*	*Universidad Tecnológica de Bolívar*	*2015*	*Tesis de grado*	*https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068842.pdf*	*El apoyo, liderazgo y compromiso de la alta gerencia es absolutamente necesario para el logro de los objetivos propuestos por el sistema de gestión de procesos. El seguimiento al cumplimiento de los indicadores del sistema de gestión de procesos debe estar alineado y tener la misma rigurosidad que las exigencias realizadas a otros indicadores. A pesar de los grandes vacíos existentes en la legislación colombiana referente a los temas de seguridad de procesos; el solo cumplimiento de las regulaciones internacionales permite a las organizaciones estar preparadas ante la incorporación de regulaciones de seguridad de procesos a las industrias colombianas. Para el requisito relacionado con la integridad mecánica es necesario desarrollar a conciencia el ejercicio de la criticidad de sistemas, equipos y componentes, se deben priorizar los recursos de mantenimiento hacia la gestión de los equipos críticos por seguridad de procesos, y dar cumplimiento a la totalidad de los planes de inspecciones, pruebas y mantenimiento preventivo, así mismo, el modelo de gestión de activos debe ser desarrollado bajo los lineamientos de seguridad de procesos. Con miras a la mejora continua del sistema, se hace necesario implementar un sistema que identifique de manera temprana fallas en el sistema de gestión de procesos, que reporte y documente incidentes ocurridos. Las evaluaciones periódicas que realice periódicamente la alta gerencia permitirán garantizar el grado de madurez en el que se encuentra el sistema de gestión de procesos. Los elementos críticos en un modelo de gerenciamiento de seguridad de procesos se encapsulan dentro de la tecnología, activos y personas.*
2	*Guía para la gestión de los riesgos tecnológicos para las empresas adherentes al proceso APELL del D.E.I.P Barranquilla*	*Jesús M. Consuegra Gutiérrez*	*Universidad del Atlántico*	*2017*	*Artículo de revista:*	*Doi: http://dx.doi.org/10.15665/rp.v15i2.1143*	*En este trabajo realizado de tipo descriptivo prospectivo, se recolectó la información necesaria en 19 empresas adherentes al Proceso APELL de Barranquilla, para conocer los diferentes aspectos que pueden impactar negativamente la salud e integridad física de los trabajadores y de los miembros de las comunidades del área de influencia y el medioambiente; para esto fue necesario analizar los procesos, actividades, productos y residuos; estudiar las propiedades físicas, químicas, tóxicas y ecotóxicas de los materiales peligrosos almacenados, en proceso y/o en el transporte y establecer las variables críticas de los procesos.*
3	*Diseño de un modelo de gestión de la seguridad y salud en el trabajo en las actividades de perforación Off-*	*Paola Alejandra Báez Sánchez*	*Fundación Universidad de América*	*2016*	*Tesis de grado*	*https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/567/1/3111375-2016-2-II.pdf*	*El autor recomienda que para futuras investigaciones se pueden considerar el diseño de modelos de gestión que incluyan la seguridad de los procesos (HSSE), teniendo en cuenta que esto implica un mejor control sobre cada uno de los elementos que lo integran.*

	Shore en Colombia						
4	*Análisis del riesgo de accidentes mayores con gas licuado de petróleo de tipo antropogénico en el terminal G.L.P. Oyambaro de la empresa pública de hidrocarburos del Ecuador - E.P. Petroecuador*	*Edwin René Aguirre Herrera*	*Universidad Tecnológica Equinoccial*	*2015*	*Tesis de grado*	*http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/17981/62156_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y*	*La simulación permitió establecer que se requiere redefinir el Plan de Evacuación de la instalación en función de los diferentes escenarios modelados, incluyendo el alcance de proyectiles o fragmentos de las esferas. Inclusive el punto de reunión actual (fuera de la instalación) debe ser sólo para emergencias de menor grado, que no involucren bleve's.*
5	*Propuesta metodológica para el diagnóstico y evaluación de sistemas de seguridad de procesos incluyendo principios verdes*	*Jorge Andrés Sarmiento Becerra*	*Universidad EAN*	*2019*	*Tesis de grado*	*https://repository.ean.edu.co/handle/10882/9676*	*Los principios de ingeniería verde, llevará de la mano la mejora en las condiciones de seguridad en procesos así como sostenibilidad, por lo cual es altamente recomendable continuar los desarrollos en este ámbito, particularmente en lo que respecta a la caracterización, identificación e industrialización de materiales que cumplan para procesos verdes. Los principios de ingeniería verde que consideran de mayor importancia e influencia en sistemas de gestión en seguridad de procesos son: 1. Sustentabilidad a lo largo del ciclo de vida, 2. Prevenir en vez de tratar, 3. Inherentemente seguro y no peligroso, 4. Recursos, energía y materiales renovables, y 5. Eficiencia en el uso de materia, energía, espacio y tiempo.*
6	*Modelo de gestión de emergencias mayores en la industria del gas y petróleo en el Ecuador*	*Fausto Ramiro Espinosa Gallegos*	*Universidad Internacional SEK*	*2018*	*Tesis de grado*	*https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2844/1/Modelo%20de%20Gesti%c3%b3n%20de%20Emergencias%20en%20la%20Industria%20del%20Gas%20y%20Petr%c3%b3leo.pdf*	*El modelo de gestión de emergencias propuesto, consta de los siguiente pasos: Identificación de peligros, Identificación niveles de emergencias, Organización Roles y Responsabilidades, Proveer recursos para la respuesta a emergencias, Desarrollo de planes de emergencias y Continuidad, Formación y Entrenamiento, Ejercicios de Emergencias, Auditorias y Lecciones Aprendidas y Oportunidades de Mejora.* *La conclusión cualitativa es una puntuación basada en las calificaciones cuantitativas dadas a cada indicador de la herramienta RETOS, ARPEL ha establecido una expectativa de alto rendimiento para calificar la preparación de respuesta a derrames de hidrocarburos, así: En desarrollo: menos del 90% y Logrado: mayor o igual al 90%. Las oportunidades de mejora identificadas durante la evaluación son gestionadas mediante un plan de acción para perfeccionar la preparación de la respuesta a derrames.*
7	*Four major gaps that are preventing most companies*	*William G. Bridges and Jeff Thomas*	*Process Improvement Institute, Inc*	*2018*	*Artículo de memorias:*	*https://www.process-improvement-institute.com/*	*1. Reglas para desarrollar procedimientos:* *El procedimiento debería ser elaborado para alguien que ha completado un entrenamiento básico.* *Identifique antes de tiempos las actividades que requieren procedimiento, e identifique*

	worldwide from achieving excellent process safety performance					*_downloads/4_Gaps_in_PSM_-_FINAL.pdf*	*las actividades que se consideran habilidades dentro del equipo.* *El borrador inicial debe ser aplicado en campo por parte de otro usuario.* *El borrador revisado debería ser revisado en campo por parte de un técnico o un ingeniero de operaciones.* *El procedimiento necesita ser chequeado, a partir de una lista de verificación previamente elaborada. El objetivo es alcanzar como mínimo un 95%.* *2. Guía general para analizar modos no rutinarios de operación:* *Defina las suposiciones acerca del estado inicial del sistema.* *Defina la intención de diseño completa para cada paso.* *No analice los pasos de salvaguarda que empiezan con asegurar, chequear, verificar, inspeccionar, etc. o donde la consecuencia de omitir es "la pérdida de un nivel de protección contra..."* *Junto con un operador ante la revisión, identifique las secciones del procedimiento que garantizan el uso de: 7 a 8 palabras guía, 2 palabras guía, en otros use What if.* *Descomponga cada paso escrito en una secuencia de acciones (verbos).* *aplique palabras guía a las intenciones de cada acción.* *3. Las barreras que contribuyen al no reporte de casi-accidentes son:* *Temor a acciones disciplinarias.* *Miedo a las burlas de los compañeros (vergüenza).* *Falta de entrenamiento de los constituye un casi-accidente vs un no-incidente.* *Falta de compromiso de la gerencian y falta de seguimiento una vez un casi-accidente es reportado.* *Se requiere un nivel de esfuerzo aparentemente alto para reportar e investigar casi-accidentes con respecto al bajo retorno de esta inversión.* *No hay manera para investigar los miles de cas-accidentes por mes o por año.* *Desestímulos para reportar casi-accidentes.* *No hay conocimiento acerca de cual metodología para investigación de accidentes usar* *La compañía desestima el reporte de casi-accidentes debido al temor de responsabilidad legal si estos son mal utilizados por personas externas.* *4. Las actividades de proceso donde hay mayor influencia de los errores son:* *Diseño de procesos.* *Especificación de componentes.* *Recepcionando e instalando equipos.* *Commissioning.* *Operando un proceso.* *Mantenimiento, inspección y reparación de un proceso.* *Solucionando y suspendiendo el proceso.* *Gestionando cambios del procesos, procedimientos, materiales, facilidades y personal.* *Las 10 categorías de factores humanos que requieren controlarse por parte de la compañía son:* *Tiempo disponible para respondientes solamente.* *Estrés.* *Complejidad y diseño de la tarea.* *Experiencia/Entrenamiento.* *Procedimientos.* *Interfaz Hombre-Máquina.* *Aptitud fisica para la tarea.*

							Proceso de trabajo y supervisión. *Ambiente de trabajo.* *Comunicación.*
8	*Determination of safety integrity level by using layer of protection analysis method on floating regasification unit*	*Fitrani Kamila*	*Institut Teknologi Sepuluh Nopember*	*2016*	*Tesis de grado*	*No especificado*	*El SIL del activo cumple con el requerimiento, para la industrial LNG debe cumplir con el SIL 3 de acuerdo con el estándar IEC.* *Sobre la base de la tasa de fallas encontradas algunos equipos tienen 1/1 que significa que un fallo conduce a otro fallo.* *Según el HAZOP, algún lugar todavía tiene un alto potencial de peligro. El mantenimiento predictivo reducirá la situación peligrosa. Por medio del mantenimiento predictivo se puede predecir el número de probabilidades y para la severidad puede incrementarse a causa de la acción preventiva.*
9	*Lecciones aprendidas de incidentes durante operaciones de arranque*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*1 Ed 2018*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/1109/isc-safety-lore_issue-no1_esp.pdf*	*Los re-arranques representan una condición de alto riesgo de accidentes mayores en las plantas industriales, sustentado en las posibles fallas mecánicas que se pueden presentar (condición), así como, aspectos de tipo humano (actos). Al igual que los accidentes de Seguridad Industrial, los Accidentes de Proceso se generan por la combinación de Condiciones Sub-estándar y Actos Inseguros.*
10	*Lecciones aprendidas de incidentes durante mantenimiento de tanques de almacenamiento atmosféricos*	*ICheme Safety Centre*	*IChemE*	*2 Ed 2018*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/1111/isc-safety-lore_issue-no2-esp.pdf*	*Asegurar que el sistema intervenido (donde se está ejecutando trabajo/actividad) está aislado apropiadamente y asegurado (con ciegos o desconexión eléctrica de válvulas operadas remotamente, para prevenir que sean operadas por error). No depender de aislamientos con una sola válvula ya que estas pueden fugar.* *Cubrir y sellar todos los drenajes, venteos, accesos de personal, bridas abiertas y desagües. Al terminar los trabajos remover todos los aislamientos incluyendo los venteos del tanque.* *Los trabajos en caliente requieren análisis de riesgos exhaustivos, así como, controles muy estrictos que permitan garantizar el completo control de las operaciones. Para estas actividades no rutinarias se requiere el diligenciamiento de un permiso de trabajo pre-turno, donde se verifique la implantación de los controles, así como, la sensibilización de los peligros y riesgos con los trabajadores involucrados. Para la medición de atmósferas se requiere la disposición de personal entrenado, y equipos calibrados y verificados periódicamente para garantizar su funcionalidad.*
11	*Lecciones aprendidas de incidentes en sistemas de alivio y venteo*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*3 Ed 2018*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/4812/isc-safety-lore_issue-no3-esp.pdf*	*Para prevenir accidentes ocasionados por descargas eléctricas, es imprescindible la disposición de aterrizaje de los equipos y su verificación. En algunos casos, de acuerdo al nivel de la tormenta, se deberán suspender las operaciones críticas, tales como trabajo en altura, trabajo con circuitos eléctricos, izaje de cargas, etc. Por otro lado, durante el retiro de dispositivos de seguridad, se deberá garantizar el etiquetado y candadeo (LOTO), así como, las pruebas positivas para garantizar el respectivo aislamiento. Finalmente, ante la duda o presencia de cambios es imprescindible la suspensión de los trabajos y la re-evaluación de los riesgos.*

12	*Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con envejecimiento de activos*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*4 Ed 2018*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/8624/isc-safety-lore_issue-no4-esp.pdf*	*Es fundamental garantizar que las especificaciones de los materiales usados para el diseño y construcción de las facilidades sea "compatible" y congruente con los materiales que se procesarán dentro de la planta, aspectos que deberían considerarse en las etapas de diseño. Así mismo, durante la vida útil de la planta se deberá garantizar la implementación de programas de prevención y mitigación de la corrosión igualmente es clave considerar desde el diseño si es prudente enterrar algunos tramos de línea o equipos, debido a la ausencia de seguimiento y mayor susceptibilidad de estos al deterioro, más cuando se desconoce a ciencia cierta la acción de agentes externos corrosivos. Es prudente garantizar la confiabilidad de los equipos y tuberías por medio de programas de seguimiento preventivos y predictivos, los cuales deberían mantenerse documentados.*
13	*Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con amontonamiento de cambios*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*5 Ed 2019*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/11054/isc-safety-lore_issue-no5-esp.pdf*	*Los diseños originales de la planta se deberían respetar ya que obedecen a un análisis exhaustivo, apoyado generalmente en un PHA, por lo cual se debería garantizar su aplicación durante el proceso constructivo de la facilidad. Por otro lado, durante la vida útil de la planta, se deben considerar los cambios que se producen en esta, incluido el deterioro normal, aspectos que igualmente deberían contemplarse en un PHA. Es importante crear cultura en los trabajadores para que refuercen la comunicación con sus supervisores e igualmente crear mecanismos de reporte que permitan informar a los niveles organizacionales pertinentes sobre hallazgos, cambios o condiciones que se evidencien durante las jornadas de trabajo diaria.*
14	*Lecciones aprendidas de incidentes con bridas*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*6 Ed 2019*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/12000/isc-safety-lore_issue-no6-esp.pdf*	*En procesos de instalación de plantas o mantenimiento, es fundamental garantizar el nivel de competencia del personal, así mismo, se requiere garantizar un proceso de contratación acorde con las demandas de la actividad. Las conexiones bridadas deben instalarse de conformidad con las indicaciones del fabricante con todos sus componentes, incluido el proceso de apriete de los pernos. Por otro lado, los pernos de acero al carbono no son adecuados cuando se manejan ácidos en procesos, debido a la alta corrosión que estos presentan, en su lugar se deberían usar pernos de acero inoxidable. Finalmente, es fundamental incluir las conexiones bridadas dentro del proceso de inspecciones rutinarias, con el fin de identificar inconsistencias o fallas de forma oportuna.*
15	*Lecciones aprendidas de accidentes de transporte*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*7 Ed 2019*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/12536/isc-safety-lore_issue-no7-es.pdf*	*Es imprescindible realizar una inspección previa a las labores de transferencia de fluidos, garantizado la compatibilidad de los materiales transferidos con los de las mangueras usadas, así como, el buen estado de las conexiones y disposición de materiales de emergencia. En lo posible, se debería garantizar la disposición de infraestructura y materiales de contención. Así mismo, estas operaciones deben ser realizadas y supervisadas por personal competente. Por otro lado, durante el transporte por carretera se deberá dar cumplimiento con los requerimientos legales, la disposición de los planes de contingencia, las fichas de seguridad de los materiales transportados, así como, las acciones en caso de incendio la cual debería facilitarse al cuerpo de bomberos. Igualmente, es fundamental garantizar la competencia y entrenamiento requerido por parte del conductor del vehículo, así como, medios de comunicación con cobertura en el tramo completo de la vía. Complementariamente, se deberá garantizar la realización del plan de ruta, contemplando los tiempos de descanso del conductor.*

16	*Lecciones claves de incidentes relacionados con entregas de turnos/cambios de guardia*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*8 Ed 2019*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/13469/isc-safety-lore_issue-no8-spanish.pdf*	*Las organizaciones deberían considerar muy conscientemente los cambios que quieran implementar de cualquier naturaleza, incluido los cambios en la planta de personal, así mismo, deberían gestionar estos cambios considerando una transición para evitar impactar de forma abrupta a la organización y sus procesos internos. Por otro lado, es prudente en igual medida considerar el cambio de turno de los trabajadores y las medidas de control necesarias para mitigar el impacto que esto genera. La comunicación juega un papel preponderante y por ninguna razón se debería permitir que los trabajadores tomen decisiones unilaterales que tengan el potencial de impactar de forma directa al negocio.*
17	*Lecciones claves de incidentes relacionados con permisos de trabajo*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*9 Ed 2020*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/13644/isc-safety-lore_issue-no9-spanish.pdf*	*El sistema de permisos de trabajo cumple su cometido en el control de actividades críticas y no rutinarias cuando finalmente se materializa la implementación de medidas de prevención, sin embargo, se evidencia que los trabajadores ven estos sistemas como una forma de entorpecer el desarrollo de las actividades, percepción que requiere ser intervenida y cambiada para lograr el objetivo principal del sistema.*
18	*Lecciones claves de incidentes relacionados con el manejo de alarmas*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*10 Ed 2020*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/15051/isc-safety-lore_issue-no10-esp.pdf*	*Es usual que muchas alarmas del proceso se activen al mismo tiempo y muchas de ellas se consideran alarmas molestas y se opta por silenciar las alarmas sin reconocer necesariamente lo que significan, por tanto, es necesario identificar alarmas críticas de seguridad. El uso y la configuración de las alarmas debe ser tal que las alarmas críticas de seguridad, incluyendo las de los sistemas de tea, se puedan distinguir de otras alarmas operacionales; las alarmas deben limitarse al número que un operador puede monitorear efectivamente; sin embargo, la seguridad última de la planta no debe depender de la respuesta del operador al sistema de control. Cada alarma debe tener un propósito claramente definido, como seguridad, falla del equipo, condiciones anormales del proceso o calidad del producto.*
19	*Lecciones clave de incidentes relacionados con fertilizantes de nitrato de amonio*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*11 Ed 2020*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/14925/isc-safety-lore_issue-no11-esp.pdf*	*Es imprescindible realizar inventario de los materiales usados en la planta, así tener disponibles y para consulta de todos los trabajadores las fichas de seguridad, e igualmente se deberán garantizar las condiciones necesarias para el almacenamiento de los materiales y de los residuos. Los operadores necesitan un conocimiento completo de los peligros inherentes asociados con la manipulación y el almacenamiento de materiales. Al contratar un proceso técnico a un tercero, el operador debe asegurarse de que todos los riesgos en la zona y los asociados a los trabajos de los contratistas han sido identificados, informados y controlados.*
20	*Lecciones aprendidas de explosiones de metano en minas de carbón*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*12 Ed 2020*	*Artículo lección aprendida*	*https://94f04d24-e590-4d79-ac59-6a87ae5c1353.filesusr.com/ugd/91b8b3_8e20191d024046baa77458*	*Operador* *• Si detecta acumulaciones de metano repórtelas a su supervisor inmediatamente.* *• Detenga las operaciones cuando las condiciones de ventilación sean insuficientes e informe al supervisor.* *• Maneje los trabajos de llama abierta y generación de chispas como corte y soldadura con sumo cuidado.* *• Asegúrese de verificar regularmente que los aparatos de monitoreo de metano estén calibrados y que funcionen bien.* *Es imprescindible la realización de un análisis de riesgos frecuente en las minas de*

						5cd67dbd49.pdf	*carbón, así como, garantizar la implantación de las medidas correctoras. La ventilación adecuada para evitar la acumulación de metano, y la colocación de cantidades insuficientes de polvo de roca en las entradas de la mina para inertizar el polvo de carbón y evitar una explosión de polvo, otra medida aplicada es la aspersión de agua con el fin de lograr intervenir cualquier connato de incendio de manera que se extinga rápidamente. Adicionalmente, es fundamental la revisión previa al cambio de turnos para que se registren y se gestionen los riesgos de seguridad.*
21	*Key lessons from incidents related to audits*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*13 Ed 2021*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/15623/isc-safety-lore-no-13.pdf*	*La realización de auditorías contribuye a la identificación oportuna de fallas en la aplicación de la gestión de los riesgos de HSEQ, sin embargo, si durante su proceso de realización no se le da la importancia estos ejercicios, no se contribuirá con la identificación de hallazgos relevantes, por otro lado, si no se da un tratamiento, seguimiento y gestión a los hallazgos identificados estos ejercicios perderán completamente su propósito. La realización de las auditorías planificadas, al igual que la dedicación necesaria para realizarlas, juega un papel importante dentro del proceso de mejora continua de la gestión. Adicionalmente, es importante garantizar la disposición de personal técnico que conozca el proceso dentro del equipo auditor.*
22	*Diseño del programa de gestión de seguridad de procesos bajo la norma OSHA 29 CFR 1910.119 para químicos altamente peligrosos en la industria de alimento*	*Bryan A Buitrago Cárdenas, Luis Gabriel Rodríguez Villamizar y Edwin José Herrera Libardo*	*Universidad ECCI*	*2021*	*Tesis de grado*	*https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/962/Dise%C3%B1o%20del%20programa%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20seguridad%20de%20procesos%20bajo%20la%20norma%20osha%2029%20cfr%201910.119%20para%20qu%C3%ADmicos%20altamente%20peligrosos%20en%20la%20industria%20de%20alimento.pdf?sequence=1&isAllowed=y*	*Se logró establecer que los químicos altamente peligrosos usados en la industria alimentaria no están ligados directamente a la naturaleza del negocio, así mismo, aunque en Colombia no existe actualmente legislación específica en materia de seguridad de procesos, las regulaciones actuales dan argumentos suficientes para considerar medidas orientadas a la prevención de accidentes de proceso. Finalmente, aunque son pocos los químicos usados en los procesos alimentarios, siempre existe la posibilidad de ocurrencia de estos accidentes.*

23	*Implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos PSM, basados en las directrices del CCPS (CCPS Risk Based Process Safety, RBPS 2007)*	*Nain Aguado Quintero e Iván Diaz D.*	*ABS Group Colombia S.A.S*	*2018*	*Artículo de memorias:*	*https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-003%20TRA_COL_N_AGUADO_CIMGA2018.pdf*	*Todos los participantes en este proyecto indicaron que el concepto de Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos (SGSP) era útil y pudieron ver cómo podrían usarlo para desarrollar la cultura de seguridad de su organización. Entendimiento y controlando la ocurrió mal, y que ocurrió terriblemente bien.* *De acuerdo con las entrevistas el proceso de Gestión del Cambio no la estaban aplicando bien, había cambios que se realizaron en las plantas de proceso que no habían sido registrados y actualizados en procedimientos de operación, P&ID y Diagramas de Proceso y muchos menos habían tenido un proceso de control de cambio.* *Mejora continua con cultura y liderazgo permite mantener una planta segura y libre de accidentes catastróficos.* *Los entrevistados estuvieron de acuerdo con la afirmación de que el nivel de madurez de la cultura de seguridad influirá en la adecuación y efectividad de las diferentes mejoras de seguridad de proceso.* *En las entrevistas se expusieron ejemplos de incidentes en los que ciertas intervenciones de seguridad del comportamiento que habían utilizado no funcionarían en una organización que no había alcanzado un nivel específico de madurez de cultura de seguridad de proceso.* *Es imprescindible cambiar la cultura de la empresa, empezando por la de la dirección. Una Planta de procesos que está convencida que la dirección apoya la seguridad de procesos tiende a hacer las cosas correctas, de la manera correcta, en el momento correcto, incluso cuando nadie mira.* *Este modelo de gestión de seguridad de procesos es necesario integrarlo con los sistemas de gestión existentes, ya que hay elementos comunes que se pueden enfocar de manera global.* *Poco a poco la industria de procesos, grandes y medianas empresas de otros sectores de la economía nacional e internacional está adoptando la seguridad de proceso.*
24	*Análisis cuantitativo de riesgos tecnológicos en el manejo de sustancias peligrosas a nivel empresarial en Santo Domingo*	*Saily Cárdenas Martínez*	*Universidad central Martha Abreu de las Villas*	*2019*	*Tesis de grado*	*https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/11332/C%c3%a1rdenas%20Mart%c3%adnez%2c%20Saily.pdf?sequence=1&isAllowed=y*	*Es imprescindible realizar una elección de la metodología adecuada al proceso para el análisis de riesgos tecnológicos, dado a que este es un factor esencial en el proceso de identificación de brechas.*
25	*Stakeholder outreach on process safety for process industry using risk based approaches*	*Siti Nur Balqis Fauzi Rahman Jayaraman, Azmi Mohd Shariff y*	*Universiti Teknologi*	*2019*	*Artículo de revista:*	*https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/prs.12130?src=getftr*	*La implementación del programa de alcance a las partes interesadas en la industria de procesos es crucial para reducir el impacto de los accidentes mayores a las partes interesadas.* *El modelo de ayuda laboral ayudará a rastrear la integridad del programa, la ubicación del archivo y la persona responsable del programa.*

		Dzulkarnain Zaini					
26	*Effective KPI setting to process safety management system in design phase for oil and gas plant projects*	*Masayuki Tanabe y Atsumi Miyake*	*Chemical Engineering Transactions*	*2019*	*Artículo de revista:*	*https://www.aidic.it/cet/19/77/091.pdf*	*En este artículo, se propone la fase de diseño PS-KPI y se discuten algunas medidas clave para mejorar el desempeño de la gestión de la seguridad del proceso de la fase de diseño. Comprender los principios para la gestión de la seguridad del proceso en la fase de diseño y las medidas sensibles clave que afectan su desempeño, como se analiza en este artículo, es el elemento clave para mejorar el desempeño de la gestión de la seguridad del proceso en la fase de diseño.*
27	*Metodología de análisis cuantitativo de riesgo incluyendo el efecto dominó*	*Eusebio Vladimir Ibarra Hernández*	*Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas*	*2016*	*Tesis de grado*	*https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7478/Eusebio%20Vladimir%20Ibarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y*	*El investigador propuso una metodología para análisis del efecto dominó dentro del análisis QRA.*
28	*Human error and response to alarms in process safety*	*Beata Mrugalska, Salman Nazir, Edwin Tytyk & Kjell Ivar Øvergård*	*Universidad Nacional de Colombia*	*2016*	*Artículo de revista:*	*https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49645986011*	*En cualquier industria de procesos, los problemas de seguridad son primarios, ya que cualquier accidente puede tener consecuencias cataclísmicas tanto para las personas como para el medio ambiente. Por lo tanto, deben realizarse esfuerzos para prevenir o limitar los peligros de la planta. Para lograr este objetivo, se aplica un número cada vez mayor de sistemas de calidad y fiabilidad industrial. En estos sistemas, los operadores prestan atención a los estados de proceso actuales y predicen sus estados futuros utilizando información de sistemas de alarma. Las alarmas se realizan con frecuencia a través de terminales de visualización en los que la información se presenta en una variedad de formatos. En este artículo, se ha prestado especial atención a las señales visuales y audibles. Los resultados del estudio revelaron que los participantes podían reaccionar más rápido a las señales visuales que a las audibles cuando las señales están predefinidas según un código. No se encontró ninguna diferencia en la reacción de errores en comparación con el número total de alarmas.* *Estos resultados tienen como objetivo ser útiles en la formulación de recomendaciones para trabajar hacia un diseño óptimo de las consolas de control cuando se presentan pantallas auditivas y visuales. También pueden ser eficaces para mejorar el sistema rendimiento en el diseño de maquinaria y equipos.*

Fuentes: Adaptación hecha por el autor desde fuentes diversas como se indica en cada referencia

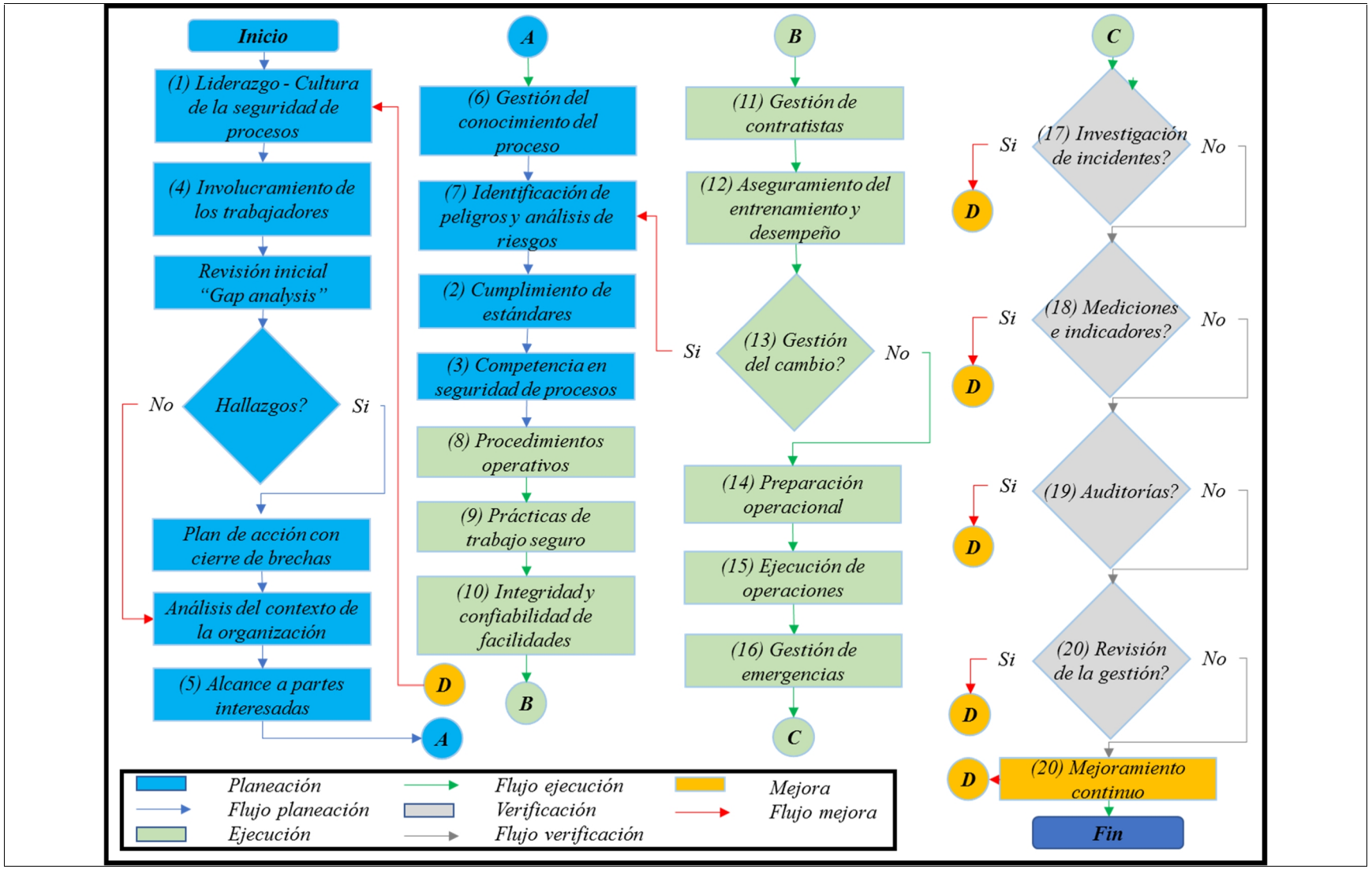
Anexo K

Caracterización Típica de un Proceso Productivo de una Organización Petrolera en Colombia

Fuente. Adaptación hecha por el autor a Pacific Rubiales Energy, 2016, p. 5

Anexo L

Flujograma a seguir para la Adaptación e Implementación de los Requisitos del RBPS del CCPS



Fuente: Autor

Anexo M

Matriz para el Proceso de Adaptación de los Requisitos del RBPS a partir de los Factores Estratégicos Propuestos

Factores Estratégicos Organizacionales / Requisitos del RBPS-CCPS		Compromiso con la seguridad de procesos					Comprensión de peligros y riesgos		Gestión del riesgo									Aprendizaje a partir de la experiencia			
		(1) Cultura de la seguridad de procesos	(2) Cumplimiento de estándares	(3) Competencia en seguridad de procesos	(4) Involucramiento de trabajadores	(5) Alcance a partes interesadas	(6) Gestión del conocimiento del proceso	(7) Identificación de peligros y análisis de riesgos	(8) Procedimientos operativos	(9) Prácticas de trabajo seguro	(10) Integridad y confiabilidad de facilidades	(11) Gestión de contratistas	(12) Aseguramiento del entrenamiento y desempeño	(13) Gestión del cambio	(14) Preparación operacional	(15) Ejecución de operaciones	(16) Gestión de emergencias	(17) Investigación de incidentes	(18) Medición e indicadores	(19) Auditorías	(20) Revisión de la gestión y mejoramiento continuo
Dominio u Origen	(1) Internacional	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(2) Nacional	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(3) Regional	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(4) Local	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Participación de la organización	(5) Privada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(6) Estatal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(7) Mixta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estructura organizacional	(8) Vertical	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(9) Horizontal	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(10) Circular	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Producción de petróleo	(11) <1.000	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	(12) 1.001-10.000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	(13) 10.001-100.000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	(14) 100.001-1.000.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(15) >1.000.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clase de petróleo	(16) Extrapesado (<10)		3	3			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	(17) Pesado (10-15)		2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	(18) Intermedio (15-25)		1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(19) Liviano (>25)		1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tamaño de la organización	(20) Muy Pequeña 1-10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	(21) Pequeña 11-50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(22) Mediana 51-500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(23) Grande 501-5.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Madurez de la organización	(24) Nueva (<1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(25) Poca (1-5)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(26) Media (6-10)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(27) Mucha (>10)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estado de implementación de los requisitos del RBPS	(28) 1%-25%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(29) 26%-50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	(30) 51%-75%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	(31) 76%-100%	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Accidentalidad	(32) 0-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(33) 6-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(34) 11-20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(35) >20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Filosofía operacional	(36) Predictiva	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	(37) Preventiva	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	(38) Correctiva	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Convenciones: *1: Muy alta prioridad* *2: Alta prioridad* *3: Media-alta prioridad* *4: Media-baja prioridad* *5: Baja prioridad*

Nivel de aceptabilidad: *Ratificado* *Validado* *Probable*

Fuente: Autor

Anexo N

Guía metodológica para implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos para organizaciones dedicadas a producir petróleo en Colombia

Guía metodológica para implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos para organizaciones dedicadas a producir petróleo en Colombia

Luis Emiro Cabrera Pinto

Hoja dejada intencionalmente en blanco

A mi esposa Marcela y a
nuestros hijos Andrés, Valery
y Nicolás con mucho amor

Hoja dejada intencionalmente en blanco

Guía metodológica para implementar un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos para organizaciones dedicadas a producir petróleo en Colombia

Autor: Luis Emiro Cabrera Pinto

Bogotá D.C., Colombia

mayo de 2021

Tabla de contenido

Objetivos 4

Objetivo general 4

Objetivos específicos 4

Introducción 6

Generalidades 7

Accidentes mayores 7

Vulnerabilidad y prevención 9

Factores y causas de la vulnerabilidad a amenazas de proceso en las organizaciones. 9

Prevención de accidentes mayores 9

Colombia y los retos que enfrenta en materia de la prevención de accidentes mayores 11

Los retos que Colombia enfrenta para la implementación del programa de prevención de accidentes mayores (PPAM) 11

Colombia da un primer paso hacia la prevención de accidentes mayores 11

Antecedentes 13

Situación en el mundo 13

Reglamentación Nacional 17

Normas de buenas prácticas de la industria 17

Centro para la seguridad de procesos químicos (CCPS) 18

Normas de la organización internacional de normalización (ISO) 23

Diseño e implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos 26

Ciclo P-H-V-A para la gestión de seguridad de procesos 26

Caracterización de un proceso de producción de petróleo 27

Adaptación de los requisitos de seguridad de procesos basada en riesgos del CCPS 28

Pilar 1, compromiso con la seguridad de procesos 30

Pilar 2, comprensión de peligros y riesgos..... 38
Pilar 3, gestion del riesgo..... 41
Pilar 4, aprendizaje a partir de la experiencia 58
Bibliografía..... 66
Anexos..... 72

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una guía metodológica para la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos (RBPS), conforme a las directrices del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS), para las organizaciones dedicadas a producir petróleo en Colombia.

Objetivos específicos

Fortalecer la cultura organizacional. La cultura organizacional está enmarcada en las filosofías, principios, prácticas, hábitos, comportamientos y costumbres, las cuáles al incorporarse en los líderes y trabajadores, aportan a la protección de la vida, de los recursos y de los activos. Si no se trabaja para garantizar procesos seguros en las plantas industriales, no solo se pone en riesgo la integridad de la vida, sino también la sostenibilidad del negocio.

Fomentar la aplicación de prácticas preventivas. Las prácticas preventivas son el conjunto las acciones que se adelantan al interior de la organización, con el fin de identificar los peligros, evaluar, analizar y controlar los riesgos de proceso con el fin de reducir la incertidumbre, y en consecuencia, la probabilidad de ocurrencia de accidentes de proceso y sus consecuencias catastróficas.

Contribuir al uso eficiente de los recursos. La gestión basada en riesgos pretende priorizar el uso de los recursos disponibles para controlar los riesgos, a través de la jerarquización de los mismos. Así mismo, a partir de la aceptabilidad de los riesgos presentes por parte de la organización en estudio, y mediante un análisis del costo de inversión vs la reducción del riesgo, se puede determinar de forma óptimo la intervención de los riesgos relevantes.

Facilitar la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos en las plantas de procesamiento de hidrocarburos. Las reglamentaciones y las normas de buenas prácticas existentes en materia de gestión de riesgos de proceso se enfocan en indicar los requisitos que deberían cumplir los sistemas para gestionar dichos riesgos, es decir, estipulan el ¿Qué?, sin embargo, el ¿Cómo?

queda a cargo del implementador, por esta razón, la guía contempla el diseño de algunos instrumentos a partir de la caracterización de las organizaciones objeto de estudio.

Apoyar la integración del sistema de gestión de seguridad de procesos, con otros sistemas de gestión que ya tenga implementado la organización. En la actualidad es muy frecuente que las organizaciones cuenten con sistemas para gestionar diversos requerimientos, tales como: el sistema de gestión de calidad, el sistema de gestión ambiental, el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, el sistema de gestión de la información, el sistema de gestión energética, el sistema de gestión de la responsabilidad social corporativa, el sistema de gestión para la resiliencia y continuidad del negocio, etc; aunque la organización es una sola, si los sistemas no se gestionan bajo esta premisa, existen una alta probabilidad que se generen reprocesos, y en consecuencia, se hagan un uso ineficiente de los recursos requeridos.

Introducción

La seguridad de los procesos industriales juega un papel muy importante en la industria moderna al igual que en industria petrolera, puesto que contribuye a proteger el valor de la organización, a través de la prevención de los escapes accidentales de sustancias químicas altamente peligrosas, así como, las consecuencias relacionadas con estos eventos tales como: nubes tóxicas, explosiones, incendios, derrames y las formas de energía que los acompañan.

Debido a que actualmente en nuestro país no se cuenta con legislación específica en materia de prevención de accidentes mayores, ni gestión de riesgos de proceso, se diseña la presente guía metodológica con el fin que contribuya de forma efectiva al proceso de implementación de un sistema de gestión basada en riesgos (RBPS), conforme a las directrices del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS), y que pueda aplicarse en organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia.

Los hidrocarburos son sustancias que poseen caractéricas físicas y químicas que potencialmente pueden ocasionar daños catastróficos, es por esta razón que la guía incluye algunas indicaciones, así como, listas de verificación, recomendaciones y herramientas que resultan prácticas, útiles y orientan la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos, que por años ha sido reserva de expertos en la materia.

Generalidades

Accidentes mayores

Este ha sido un aspecto que ha inquietado a la población mundial desde sus inicios, es así como la Organización Internacional del Trabajo en “Control de riesgos de accidentes mayores - manual práctico”, manifiesta que

> los incendios, las explosiones y la liberación de gases tóxicos pueden causar la muerte o lesiones a trabajadores y otros ciudadanos, provocar la evacuación de comunidades enteras y afectar desfavorablemente al medio ambiente en general. Desastres que se conocen con nombres propios como Basilea, Bhopal, Flixborough, México D.F. y Seveso, han dado origen a las expresiones “Riesgo mayores” y “Control de riesgos de accidentes mayores”; la prevención y la lucha contra los riesgos principales han pasado posteriormente a ser una cuestión apremiante en todas las partes del mundo […]. Complementariamente, la misma Organización Internacional del Trabajo, indica que «las posibilidades potenciales de que se produzca un accidente importante debido al aumento de la producción, el almacenamiento y el empleo de sustancias peligrosas implican la necesidad de un enfoque bien determinado y sistemático, si se quieren evitar grandes catástrofes» (Organización Internacional del Trabajo, 1990, p. v).

Los accidentes mayores amenazan la continuidad y la sostenibilidad de cualquier negocio que según Molina (S.F.), «aplica a los procesos cuya naturaleza involucre niveles altos de energía física o química, así como al uso de sustancias químicas altamente peligrosas incluyendo el almacenamiento, manufactura, manipulación, el movimiento o inclusive una combinación de estas actividades» (1). Así mismo, los sectores industriales candidatos para la aplicación de la gestión preventiva en este sentido, son:

> generación de energía, producción de petróleo y gas, sector petroquímicos y químicos, incluyendo su almacenamiento, transporte y distribución a granel, producción de alimentos, producción de farmacéuticos y cualquier otra industria en donde el perfil de riesgos incluya niveles altos de energía intrínseca en su actividad, o en donde se usen materiales considerados como peligrosos, materiales combustibles y/o materiales inflamables (Molina, C., S.F., 3).

Los accidentes mayores son eventos no deseados que pueden generar situaciones catastróficas, teniendo la posibilidad afectar a los trabajadores, al medio ambiente, al público en general y a los activos de las organizaciones donde se presentan. Esta clase de accidentes resultan de la pérdida de contención, o el escape accidental de sustancias químicas altamente peligrosas, que a su vez pueden generar la liberación energía con un potencial de daño muy alto. Es por esta razón, que la gestión de los riesgos de proceso se debería considerar como un aspecto prioritario en todo proceso industrial donde existe la probabilidad que estos eventos de proceso se presenten.

Las sustancias químicas altamente peligrosas, son todos aquellos materiales cuyas características físicas y químicas tienen el potencial de afectar a la salud e integridad de las personas, al medio ambiente, así como, a los activos de la organización, ya sea a través de uno o varios de los siguientes escenarios que se indican en la Gráfica 1.

Gráfica 1

Escenarios posibles ocasionados por pérdida de contención de materiales peligrosos

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 26

En las plantas procesadoras de petróleo, y debido a su carácter inflamable existe siempre esta posibilidad que bajo ciertas condiciones operativas, si no se garantizan las medidas de prevención y los controles necesarios, se puedan presentar eventos no deseados con consecuencias catastróficas. Es por esta razón que se hace necesario proteger la vida de las personas (trabajadores y comunidades circunvecinas), al entorno y el valor de las organizaciones, mediante la gestión de los riesgos del proceso, y como última medida, en caso de su ocurrencia mitigar sus consecuencias. «Los procesos industriales

tales como el uso, almacenamiento, fabricación, manipulación, movimiento, traslado o una combinación de estas, incorporan sustancias químicas altamente peligrosas» (Mascaro, 2020, 4).

Aunque los países desarrollados cuentan con reglamentación de aplicación obligatoria para la gestión de los riesgos de proceso, y complementariamente, se dispone de normas sobre buenas prácticas de la industria, aún en nuestro país no existe reglamentación sobre esta temática, ni tampoco está disponible una norma consensuada por organizaciones de estandarización internacional cuyo enfoque sea la gestión de los riesgos de proceso.

Vulnerabilidad y prevención

Factores y causas de la vulnerabilidad a amenazas de proceso en las organizaciones.

Los factores que contribuyen a incrementar la vulnerabilidad frente a las amenazas que se presentan en los procesos de las organizaciones son

> normalizar los riesgos y peligros latentes dentro de la industria. Descuidar la integridad técnica de plantas, carencia de información por parte de las juntas directivas o los directores respecto a la prevención de accidentes mayores, desestimar la importancia de estar preparados para afrontar un accidente mayor […]. Las experiencias de accidentes mayores han demostrado la importancia de un énfasis en el grado de detalle de los estudios de peligros, particularmente, en términos de daños y efectos de tipo físico y químico (Molina, S.F., 4, 7).

Prevención de accidentes mayores

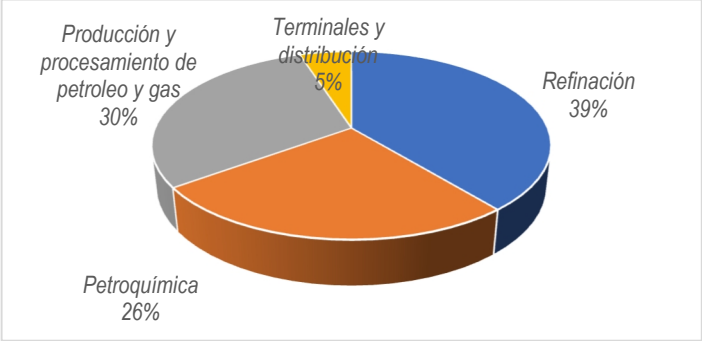
En lo que respecta a la prevención de los accidentes mayores en el sector petrolero, los sistemas de gestión de seguridad de procesos juegan un papel muy importante. Por otro lado, es fundamental considerar los siguientes factores de riesgo,

> vasijas o tanques a presión, vasijas de procesamiento, separadores, reactores, torres destiladoras, tanques de almacenamiento en condiciones atmosféricas, carga y descarga de cisternas y buques, envasado al detal en tambores, sistemas de tubería y oleoductos, gasoductos, válvulas, equipos de alivio y venteo, teas, tubería y líneas de acceso a yacimientos de petróleo crudo y/o gas, cabezales

de pozo, intercambiadores de calor, unidades de tratamiento de líquidos/aguas, equipos generadores (motores, compresores, generadores, turbinas, transformadores), controles (monitores, sensores, detectores, alarmas interconexión/interlocks y bombas (Molina, S.F., 8).

Gráfica 2

Distribución de los eventos de proceso por cada 100 en la industria de los hidrocarburos

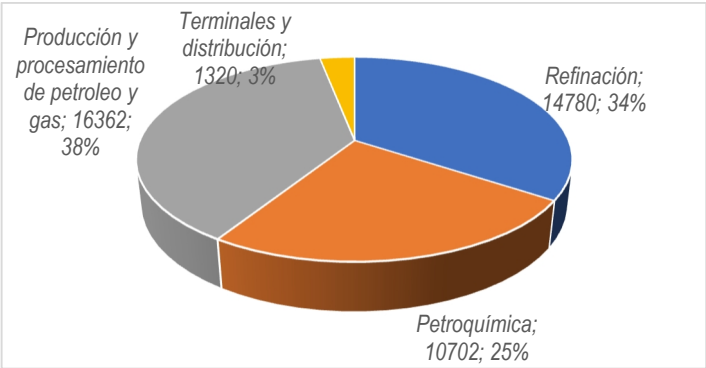


Fuente: Adaptación hecha por el autor a Marsh JLT Specialty, 2020, p. 31

Estadísticas mundiales de accidentes mayores en el sector hidrocarburos. De acuerdo con los estudios publicados por la revista Marsh JLT Specialty (2020) «denominada "100 largest losses in the hydrocarbon industry" para el periodo 1974-2019, como se evidencia en la Gráfica 2 de los 100 eventos que han generado las mayores pérdidas, el 56% están relacionados con el sector petroquímico, de producción y procesamiento de petróleo y gas. Estos mismos eventos generan pérdidas totales por valor de US$M 27.064, correspondiendo al 62,7% de las pérdidas totales» (p. 31), ver Gráfica 2 y Gráfica 3.

Gráfico 3

Distribución de las pérdidas económicas por cada 100 en la industria de los hidrocarburos



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Marsh JLT Specialty, 2020, p. 31

Colombia y los retos que enfrenta en materia de la prevención de accidentes mayores

Los retos que Colombia enfrenta para la implementación del programa de prevención de accidentes mayores (PPAM)

Según Molina (2019), «la prevención de accidentes mayores en Colombia conlleva un desafío. No solo por el limitado acceso a la información, los pocos recursos disponibles para enfrentar un accidente de esta naturaleza, sino porque se subestiman las grandes repercusiones que tienen estos eventos sobre la economía» (1). Manifiesta también que «existen muchas limitantes para acceder a la información en lo que concierne a los resultados de las investigaciones de los accidentes mayores, puesto que todo se reduce a las noticias que se publican en los periódicos o en los noticieros de televisión, en el momento que se presentan estos incidentes» (2),

> esto es contrario a lo que se practica en otras regiones, tales como Estados Unidos o la Comunidad Europea. En dichas regiones existen bases de datos con registros de accidentes mayores que permiten acceso público. Los resultados de algunas investigaciones históricas son divulgados y utilizados para alimentar o desarrollar normativas relevantes que contribuyen a mejorar la prevención de tales eventos y la aplicabilidad de estas normas se extiende a todos los sectores industriales, en donde se manejan sustancias peligrosas o derivados de hidrocarburos. Es el caso de Estados Unidos luego del accidente en 1969 en la Plataforma A costa afuera, cerca de Santa Bárbara (California), el presidente Richard Nixon proclamó la constitución de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) (Molina, 2019, 3).

Colombia da un primer paso hacia la prevención de accidentes mayores

Molina (2019) manifiesta que «en el 2019 Colombia dio un paso muy importante en materia de prevención de esta clase de accidentes, debido a que ingresó a hacer parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, por sus siglas OCDE. Es así como Colombia se comprometió a desarrollar legislación y como resultado de esto, surgió el proyecto de decreto para el Programas de Prevención de Accidentes Mayores (PPAM), el cual hasta la fecha no ha sido aún ratificado. El contenido del programa se ha hecho con base en las reglamentaciones existentes sobre la materia en países líderes como Estados Unidos y la Comunidad Europea, que han tenido una amplia experiencia sobre la ocurrencia

de esta clase de accidentes catastróficos, principalmente en los sectores de energía, petroquímica, exploración y producción de petróleo y gas» (4, 5).

Antecedentes

Situación en el mundo

Según Hendershot (2012) «la gestión de los riesgos de proceso tiene sus orígenes en la década de los años 70´s con el nacimiento del concepto de "Seguridad inherente" en los procesos químicos, así como, la creación de la metodología cualitativa para analizar los peligros de proceso denominada "Peligros y Operatividad", por su abreviatura HAZOP en inglés, por parte de Trevor Kletz, ingeniero químico de origen Británico, quien es conocido como el "Padre de la seguridad de procesos" debido a sus aportes en esta área del conocimiento» (p. 1).

De acuerdo con el Center for Chemical Process Safety (2016) «es hasta la década de los años 80´s donde se presentan avances significativos debido a la realización del primer modelo para gestionar la seguridad de procesos, iniciativa por parte del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos, por sus siglas en inglés, organismo conformado por ingenieros químicos del Instituto Americano de Ingenieros Químicos, por sus siglas de inglés AIChE. Posteriormente, y como respuesta a los accidentes catastróficos ocurridos en Bhopal (India) en el año de 1984, Pasadena (Texas) en octubre de 1989 en la Compañía Phillips Petroleum, Cincinnati (Ohio) en julio de 1990 en la planta de BASF y Sterlington (Los Ángeles) en mayo de 1991 en la planta de IMC» (p. 43-51).

El Center for Chemical Process Safety (2007) «propuso una versión mejorada en el año de 1992, la cual fue considerada oficialmente como la versión inicial de la norma de buenas prácticas de la industria relacionada con el Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basada en Riesgos, por sus siglas en inglés RBPS. Es evidente que el Center for Chemical Proccess Safety desde su fundación en el año de 1985, ha promovido el mejoramiento de la gestión de la seguridad de procesos químicos» (p. 47).

Por otro lado, la U. S. Occupational Safety and Health Administration (2000) debido a que «los eventos catastróficos relacionados con la liberación accidental de sustancias químicas altamente peligrosas continuaron en ascenso, las autoridades de los Estados Unidos de América comenzaron a considerar el desarrollo de legislación para reglamentar la operación de las plantas de procesos industriales, y de esta forma generar conciencia con el fin de eliminar o en última estancia minimizar la

ocurrencia de esta clase de eventos. En julio de 1990, la Administración para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos de América, por sus siglas en inglés U. S. OSHA, publicó su primer propuesta para la reglamentación de la gestión de los riesgos de proceso, denominada Gestión de los Riesgos de Procesos Químicos Altamente Peligrosos, por sus siglas en inglés PSM - HHC, la cual contenía requerimientos para la gestión de los peligros asociados con los procesos que involucran sustancias químicas altamente peligrosas, y entre otras cosas estableció un programa de gestión que integró la tecnología, los procedimientos y las prácticas administrativas. Después de varias revisiones y ajustes por parte de organizaciones de profesionales inquietados por la ocurrencia de los accidentes mayores, así como, representantes de los gobiernos estatales, se publicó la edición final del documento el 24 de febrero de 1992 bajo el código "29 CFR OSHA 1910.119", y fue denominada "Gestión de la Seguridad de Procesos", por sus siglas en inglés PSM, la cual contempló un enfoque a la protección de los trabajadores que laboran en las plantas industriales, e incluyó el apéndice A con la lista de las sustancias químicas altamente peligrosas y su umbral límite permisible» (p. 1, 2).

Según U. S. Occupational Safety and Health Administration (2000), «aproximadamente cuatro meses después a este importante suceso la enmienda de aire limpio, CAAA por sus siglas en inglés, solicitó a la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos de América por sus siglas en inglés U. S. EPA, desarrollar la relación de sustancias químicas altamente peligrosas, así como, un Programa para la Gestión del Riesgo, por sus siglas en inglés RMP, con un énfasis mayor hacia la protección del ambiente y la población aledaña a las plantas industriales. Desde la promulgación de esta reglamentación en los Estados Unidos de América, su aplicación ha sido de carácter obligatorio para las plantas industriales que hagan uso de las sustancias químicas altamente peligrosas» (p. 2). La información concerniente a los materiales altamente peligros y su umbral límite se incluyen en el Anexo A de este trabajo de investigación.

Avances similares se experimentaron a través de los países Europeos con las Directivas seveso, así mismo, el Energy Institute (2010) de Inglaterra «publicó la versión vigente de la norma de buenas prácticas de la industria que contempla un marco de referencia de alto nivel para la gestión de la seguridad de procesos, debido a que este aspecto se constituye en el mayor problema para la industria de la energía y por lo cual muchas organizaciones están buscando adoptar un enfoque más holístico y sistemático para garantizar la integridad de sus operaciones (p. ii).

En lo que concierne a los países latinoamericanos aún es mucho el camino que hay por recorrer, puesto que en esta región varios de los gobiernos no han tomado la iniciativa de requerir mediante alguna reglamentación la aplicación de normas con este propósito. Prueba de esta necesidad sentida en la región latinoamericana, es el evento ocurrido el 25 de agosto de 2012 «donde una explosión en la Refinería de Amuay (Venezuela), dejó 42 muertos y 150 lesionados, [sin mencionar las pérdidas materiales que esto ocasionó]» (Instituto de Estudios Superiores de Administración, 2013, 1).

En el contexto regional se destaca México y Perú, donde en la actualidad cuentan con marcos de referencia legislados por dichos gobiernos con el fin de promover la prevención de los accidentes mayores en las plantas de procesos industriales donde utilizan sustancias químicas altamente peligrosas.

En lo que respecta a Colombia, desde hace algunos años el gobierno en cabeza del Ministerio del Trabajo (2019) junto con representantes de diversos sectores de la economía nacional, han venido promoviendo un «proyecto de modificación de decreto con el fin de incorporar un "Programa de Prevención de Accidentes Mayores" en el Decreto 1072 de 2015» (1). De acuerdo a esta iniciativa,

> sería necesario establecer un desarrollo progresivo para una regulación técnica de la prevención de accidentes mayores, de conformidad con las disposiciones establecidas en la Ley 320 de 1996 y la Ley 1523 de 2012, en observancia de las legislaciones y las prácticas internacionales en la materia (Ministerio del Trabajo de Colombia, 2019, 2).

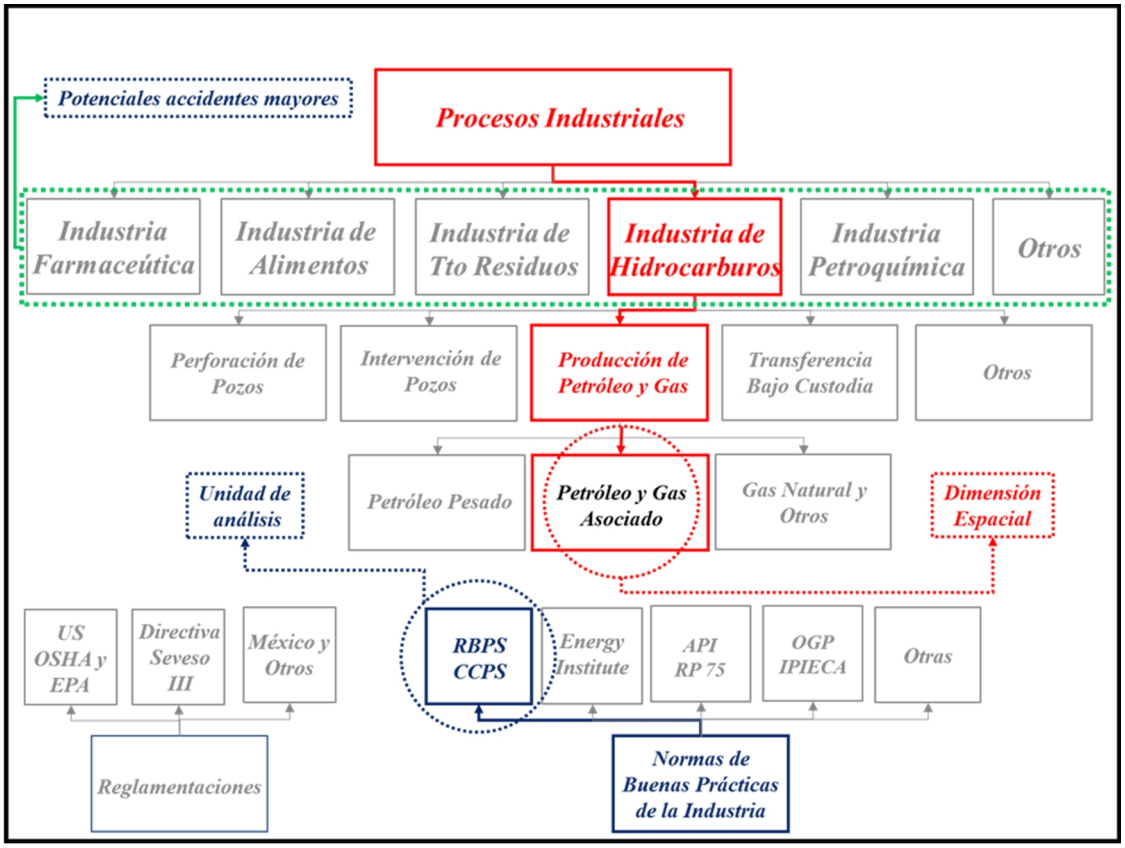
> Colombia no ha sido ajena a la ocurrencia de accidentes mayores. Un ejemplo de estos tuvo lugar en diciembre de 2011 en el poliducto de gasolina del sector de Dosquebradas (Risaralda), donde se generó un incendio y fuerte onda explosiva que dejó 33 personas fallecidas, más de cien viviendas destruidas y la contaminación de la quebrada Aguazul, que abastecía al acueducto de la región. Entre el 2008 y el 2013 se registraron 1.569 eventos tecnológicos 73, de los cuales el 61% corresponde a incendios estructurales, principalmente en los departamentos de Antioquia, Tolima y Cundinamarca (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre, 2015, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31) […]. Sumado a esto, en este mismo periodo se registraron 1.356 eventos no intencionales con hidrocarburos ocurridos principalmente en los departamentos de Santander, Antioquia y Casanare (Agencia Nacional de Licencias Ambientales, 2015, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31).

La información sobre eventos tecnológicos coincide con la estimación de las 124 instalaciones con riesgo de accidentes mayores ubicadas en Bolívar, Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico, Cundinamarca y Santander […] (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31). En estas zonas se ubica el 75% de la población del país, lo que señala un riesgo potencial, con posibles daños sobre las personas, la infraestructura, la economía y el ambiente (Díaz, 2016, citado por Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 31).

En la Gráfica 4 se muestra un panorama general de los procesos industriales en los que potencialmente se pueden presentar accidentes mayores, al igual que las metodologías de intervención usadas para la prevención de estos accidentes. Se destaca la unidad de análisis y la dimensión espacial que hace parte del trabajo de investigación.

Gráfica 4

Procesos industriales en los que potencialmente se pueden presentar accidentes mayores



Fuente: Autor

Reglamentación Nacional

En Colombia, actualmente hay legislación en seguridad y salud en el trabajo, así como, legislación relacionada con la prevención de desastres. En lo que respecta a la seguridad de procesos, aún no se ha generado reglamentación específica en seguridad de procesos industriales pese que se han adoptado convenios internacionales de la OIT para la prevención de accidentes industriales mayores. Complementariamente, alguna legislación recientemente emitida tal como la Resolución 4 0295 de 2020 requiere cumplir con la implementación de planes de gestión de riesgos de proceso.

> Desde el año 2017
> el gobierno en cabeza del Ministerio del Trabajo, junto con representantes del sector industrial de la economía nacional, han venido estudiando un proyecto de modificación de decreto con el fin de incorporar un "Programa de Prevención de Accidentes Mayores" el cual se incluiría como un capítulo adicional dentro del Decreto 1072 de 2015 (Ministerio del Trabajo, 2019, 1).

En el Anexo C se incluye un cuadro resumen sobre la legislación colombiana en materia de gestión de riesgos, la reglamentación más relevante en materia de seguridad y salud en el trabajo, y prevención de desastres, así como, los convenios internacionales que se han adoptado con el fin de promover la gestión de los riesgos de proceso con miras a la prevención de accidentes industriales mayores en Colombia.

Normas de buenas prácticas de la industria

Tal como se indicó previamente, el marco normativo, hace referencia a la relación de normas o buenas prácticas de la industria, las cuales resultan del consenso de las organizaciones u asociaciones agrupadas y que generalmente son representadas por personal técnico altamente conocedor de las temáticas objeto de análisis, en este sentido, su cumplimiento tiene un carácter voluntario, y su aplicación parcial o total tan solo se hará efectiva para las entidades u organizaciones que las acojan de forma voluntaria, o en su defecto, cuando los gobiernos las adopten mediante algún tipo de legislación.

Centro para la seguridad de procesos químicos (CCPS)

El Center for Chemical Process Safety (2016), «fue creado en 1985 como respuesta a un accidente químico mayor ocurrido en Bhopal, India. En 1988, el CCPS publicó un anuncio motivacional para su próxima estructura para la gestión de la seguridad de procesos, denominada "Gestión de la Seguridad de Procesos Químicos – Un Reto para el Compromiso", y su propósito fue educar a los jefes ejecutivos de la industria química sobre la importancia de implementar actividades para la gestión de la seguridad de procesos en sus operaciones, así como, motivarlos a adoptar un enfoque de sistema de gestión. En 1989, el CCPS comenzó a publicar una serie de guía para motivar a sus miembros a trabajar en la prevención de los accidentes de una forma más integrada y holística. Desde su creación el CCPS ha publicado más de 100 guías, herramientas y temáticas relacionadas con la gestión de la seguridad de procesos. En 2007, el CCPS publicó "Las Guías para la Seguridad de Procesos Basada en Riesgos", la cual presentó la nueva generación del sistema de gestión de seguridad de procesos conformado por 20 elementos» (p. 43-50).

> El objetivo de las guías de seguridad de procesos basada en riesgos es ayudar a las organizaciones a diseñar e implementar efectivamente sistemas para la gestión de seguridad de procesos. Estas guías proveen métodos e ideas acerca de cómo (1) diseñar un sistema de gestión para la seguridad de procesos, (2) corregir un sistema de gestión deficiente de seguridad de procesos, o (3) mejorar las prácticas para la gestión de seguridad de procesos (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 4).

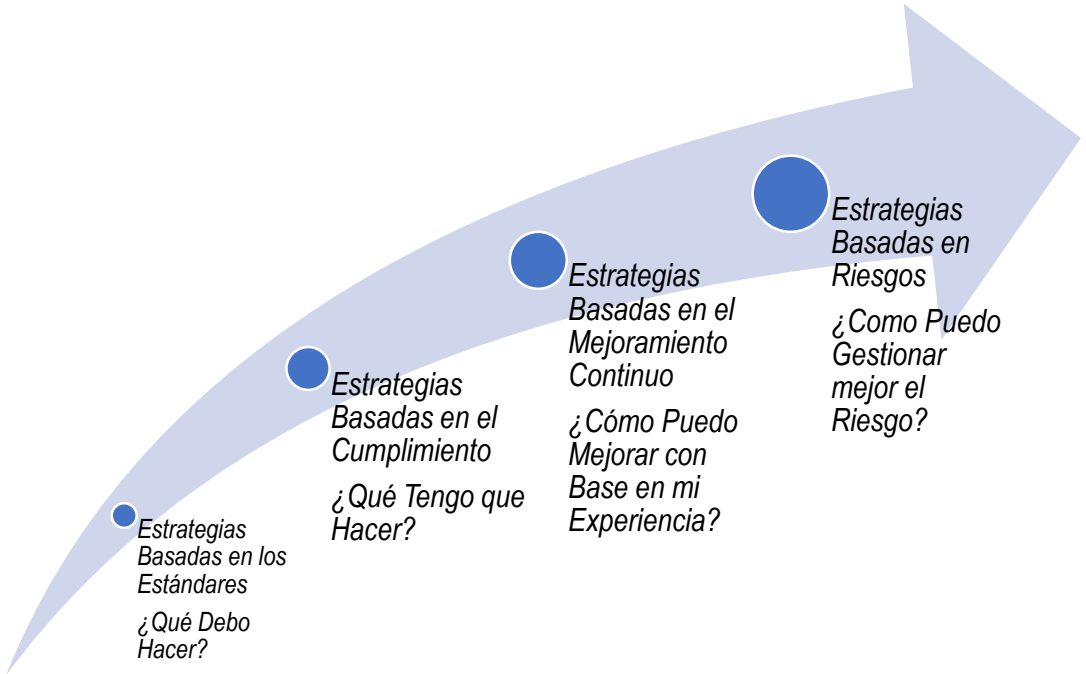
> El enfoque de la seguridad de procesos basada en riesgos reconoce que no todos los peligros y los riesgos en una operación o una instalación no son iguales; por consiguiente, es apropiado distribuir los recursos de manera que se concentre el esfuerzo en los peligros mayores y en los riesgos más altos. Utilizar las mismas prácticas de alta intensidad para manejar todos los peligros es hacer uso ineficiente de los escasos recursos. Un enfoque basado en riesgos reduce el potencial de asignar una cantidad indebida de recursos para manejar las actividades de bajo riesgo, liberando así recursos para las tareas que se ocupan de las actividades de mayor riesgo (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 4).

En general, el sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos pretende dar respuesta a los problemas de seguridad de procesos en todas las operaciones que implican la fabricación, el uso o la manipulación de sustancias peligrosas o de energía. Cada empresa debería decidir qué áreas físicas y cuales etapas del ciclo de vida del proceso deberían estar sujetas al sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos, mediante el proceso de pensamiento basado en el riesgo para decidir el grado de detalle a utilizar y de esta forma alcanzar los objetivos de seguridad de los procesos (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 5).

A través de los años, la industria de procesos ha desarrollado varios enfoques estratégicos sobre accidentes químicos y prevención de pérdidas. En un momento [dado de análisis], las industrias, las empresas y las instalaciones no se encuentran en la misma etapa a lo largo de este espectro. De hecho, los departamentos dentro de las instalaciones, las diversas funciones dentro de un departamento, o la misma función del departamento en diferentes momentos, pueden optar por implementar varias estrategias al mismo tiempo, [ver Gráfica 5] (Center for Chemical Process, 2016, p. 6).

Gráfica 5

Evolución de la seguridad de procesos y estrategias para la prevención de accidentes / pérdidas

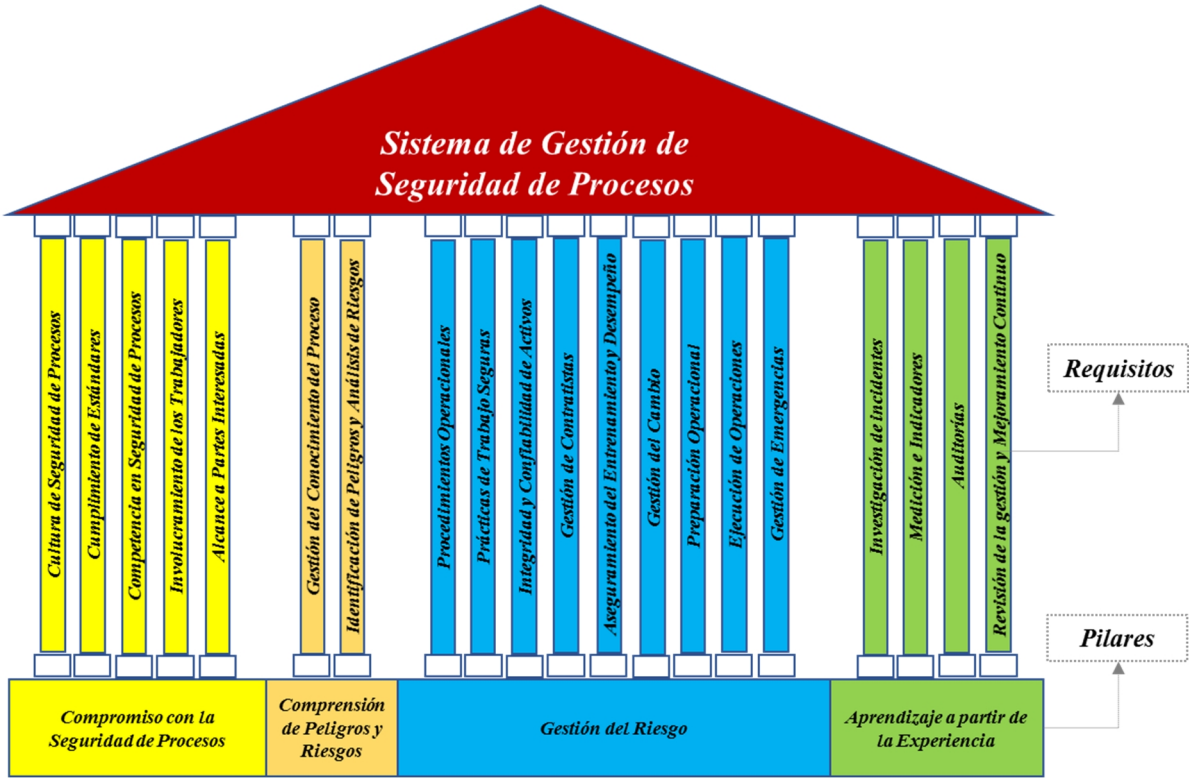


Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 6

Las directrices del Center for Chemical Process Safety establecen que para entender los riesgos asociados con una actividad se requiere dar respuesta a las preguntas relacionadas a continuación, así mismo, con base en el nivel de entendimiento de las respuestas correspondiente, una organización puede decidir qué acciones emprender para eliminar, reducir o controlar el riesgo de proceso existente, considerando ¿Qué puede salir mal?, ¿Qué tan malo puede ser? y ¿Con qué frecuencia puede ocurrir? (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 6).

Gráfica 6

Pilares fundamentales y requisitos asociados que constituyen un robusto sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos



Fuente: Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 7

El diseño de la guía metodológica para la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos para las organizaciones dedicadas a la producción de petróleo en Colombia, que se constituye en un entregable del presente trabajo, se fundamenta en las directrices propuestas por el Center for Chemical Process Safety (2007) e «incorpora cuatro (4) pilares principales para la prevención de accidentes. A continuación, se detallan cada uno de los pilares, así como, los 20 elementos y su

distribución en cada uno de los pilares: Compromiso con la seguridad de procesos: (1) Cultura de la seguridad de procesos, (2) Cumplimiento de estándares, (3) Competencia en seguridad de procesos, (4) Involucramiento de trabajadores, (5) Alcance a partes interesadas; Comprensión de peligros y riesgos: (6) Gestión del conocimiento del proceso, (7) Identificación de peligros y análisis de riesgos; Gestión del riesgo: (8) Procedimientos operativos, (9) Prácticas de trabajo seguro, (10) Integridad y confiabilidad de facilidades, (11) Gestión de contratistas, (12) Aseguramiento del entrenamiento y desempeño, (13) Gestión del cambio, (14) Preparación operacional, (15) Ejecución de operaciones, (16) Gestión de emergencias; y Aprendizaje a partir de la experiencia: (17) Investigación de incidentes, (18) Medición e indicadores, (19) Auditorías y (20) Revisión de la gestión y mejoramiento continuo» (p. 47, 48, 51, 52), ver igualmente la Gráfica 6.

> El objetivo principal de este enfoque basado en riesgos es ayudar a una organización a construir y operar un sistema de gestión de seguridad de procesos de forma más efectiva. [Las directrices del CCPS] describen como diseñar o mejorar cada actividad de seguridad de procesos de manera que la gestión que se le dé a cada actividad sea la apropiada para satisfacer las necesidades esperadas para dicha actividad (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 6).

> El enfoque estratégico basado en riesgos se fundamenta en el principio de que se predican los niveles apropiados de detalle y de rigor en las prácticas de seguridad de procesos mediante tres factores: (1) Una comprensión suficiente del riesgo asociado con los procesos donde se enfocan las prácticas de seguridad de procesos, (2) El nivel de exigencia de la actividad de trabajo de seguridad de procesos (por ejemplo, el número de solicitudes de cambio que se deben revisar cada mes) en comparación con los recursos disponibles, y (3) Se implementa la cultura de seguridad de procesos dentro de cada práctica de seguridad de procesos (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 6).

Acrónimos y abreviaturas. En la Tabla 1, se incluyen los acrónimos y abreviaturas importantes para el entendimiento del marco conceptual, aunque se relacionan en su idioma original (inglés) para garantizar la inspiración que los originó, se traducen al español para entendimiento del público en general. Los acrónimos y abreviaturas se apoyan fundamentalmente en las “Directrices para la implementación de la gestión de seguridad de procesos” del CCPS, por su traducción del idioma inglés en el cual están escritas originalmente, las cuales se constituyen en el referente principal del presente trabajo.

Tabla 1

Acrónimos y abreviaturas comúnmente usadas en el marco de los sistemas de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos

Acrónimo o Abreviatura	Inglés	Español
AIChE	*American Institute of Chemical Engineers*	*Instituto Americano de Ingenieros Químicos*
ALARP	*As Low As Reasonably Practicable*	*Tan Bajo como sea Razonablemente Posible*
API	*American Petroleum Institute*	*Instituto Americano del Petróleo*
CAAA	*The Clear Air Amendment*	*La Enmienda a la Ley de Aire Limpio*
CCPS	*Center for Chemical Process Safety*	*Centro para la Seguridad de Procesos Químicos*
EPA	*U.S. Environmental Protection Agency*	*Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América*
HIRA	*Hazard Identification and Risk Analysis*	*Identificación de Peligros y Análisis de Riesgos*
HLS	*High Level Structure*	*Estructura de Alto Nivel*
ITPM	*Inspection, Testing, and Preventive Maintenance*	*Inspección, Prueba y Mantenimiento Preventivo*
KSA	*Knowledge, Skills, and Ability*	*Conocimiento, Habilidades y Capacidades*
LOPC	*Loss of Primary Containment*	*Evento de Pérdida de Contención Primaria*
MOC	*Management of Change*	*Manejo del Cambio*
MSDS	*Material Safety Data Sheet*	*Hoja de Datos de Seguridad del Material*
OSHA	*U.S. Occupational Safety and Health Administration*	*Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos de América*
P-D-C-A	*Plan, Do, Check, Act*	*Planear, Hacer, Verificar y Actuar*
RBPS	*Risk-Based Process Safety*	*Seguridad de Procesos Basada en Riesgos*
RMP	*Risk Management Program*	*Programa de Administración del Riesgo*
SEMS	*Safety and Environmental Maganement System*	*Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental*
SIL	*Safety Integrity Level*	*Nivel de Integridad de Seguridad*

Acrónimo o Abreviatura	*Inglés*	*Español*
SIS	*Safety Instrumented System*	*Sistema Instrumentado de Seguridad*

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Procesos Safety, 2016, p. 13-15

Términos y conceptos. Los términos y conceptos usados dentro de la gestión de la seguridad de procesos basada en riesgos objeto del trabajo realizado se relacionan alfabéticamente en el Anexo B.

La terminología, aunque en algunos casos particulares es ajustada para un entendimiento mejor del público objeto con base en el conocimiento y experiencia del autor del estudio de investigación, se fundamenta en las "Directrices para la implementación de la gestión de seguridad de procesos basada en riesgos" del CCPS en la cual están escritas originalmente.

Normas de la organización internacional de normalización (ISO)

Existen normas de buenas prácticas emitidas por la Organización Internacional de Normalización sobre diversas temáticas de interés general y para las organizaciones. En la Tabla 2 se relacionan las normas ISO que permiten la gestión de los riesgos de naturaleza diversa en una organización.

Como requisitos nuevos de las normas referidas en su estructura de alto nivel (HLS) y que son pertinentes mencionarlas en la presente guía metodológica, se incluyen consideraciones de los numerales conforme a la Organización Internacional de Normalización (2018) sobre «(4.1) Comprensión de la organización y de su contexto, (4.2) Comprensión de las necesidades y expectativas de los trabajadores y de otras partes interesadas y (4.3) Determinación del alcance del sistema de gestión» (p. 9-10).

Tabla 2

Normas organización internacional de normalización que permiten la gestión de los riesgos de naturaleza diversa en la organización

Norma ISO	*Alcance de la norma*
ISO 9001:2015	*Según la Organización Internacional de Normalización (2015) «la versión 2015, es la última versión de la norma de buenas prácticas aplicable a las organizaciones de cualquier tamaño y sector de la economía, y establece los requisitos mínimos que conforman un sistema de gestión para garantizar la calidad del producto o servicio con un enfoque basado en procesos y en la gestión del riesgo y*

Norma ISO	Alcance de la norma
	oportunidades, bajo el ciclo P-H-V-A, y obedeciendo a una Estructura de Alto Nivel (SL) que entre otras bondades, facilita la integración de sistemas de gestión bajo los estándares ISO» (p. 1-5),
ISO 14001:2015	*Según la Organización Internacional de Normalización (2015) «la versión 2015, es la última versión de la norma de buenas prácticas aplicable a las organizaciones de cualquier tamaño y sector de la economía, y establece los requisitos mínimos que hacen parte de un sistema de gestión ambiental con el fin de propender por la protección del medio ambiente y los recursos naturales de los impactos ambientales significativos que se generan al llevar a cabo las actividades de la organización; la gestión se basa en un enfoque por procesos y en la gestión del riesgo y oportunidades, bajo el ciclo P-H-V-A y obedeciendo a una Estructura de Alto Nivel (SL), lo cual facilita la integración de sistemas de gestión bajo los estándares ISO» (p. 1-8).*
ISO 45001:2018	*Según la Organización Internacional de Normalización (2018), «la versión 2018, es la primera y única versión de la norma de buenas prácticas aplicable a las organizaciones de cualquier tamaño y sector de la economía, y establece los requisitos mínimos que hacen parte de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, y busca evitar el deterioro de la salud, así como, la protección y seguridad de los trabajadores de los riesgos que se generan al llevar a cabo las actividades de la organización; la gestión se basa en un enfoque por procesos y en la gestión del riesgo y oportunidades, bajo el ciclo P-H-V-A y obedeciendo a una Estructura de Alto Nivel (SL), lo cual facilita la integración de sistemas de gestión bajo los estándares ISO» (p. 1-8).*
ISO 31000:2018	*Según la Organización Internacional de Normalización (2018), «la versión 2018, es la última versión de la norma de buenas prácticas aplicable a las organizaciones de cualquier tamaño y sector de la economía, y establece los parámetros para gestionar los riesgos, la toma de decisiones, estableciendo y logrando objetivos y mejorando el desempeño. Se basa en el hecho que las organizaciones se enfrentan a factores e influencias externas e internas que hacen incierto el logro de sus objetivos. La gestión del riesgo es parte de la gobernanza, y el liderazgo es fundamental en la manera en que se gestiona la organización en todos sus niveles, aspectos que contribuyen a la mejora de los sistemas de gestión. La gestión del riesgo está basada en principios, un marco de referencia y el proceso que describe la misma ISO 31000:2018» (p. 1-5).*

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Organización Internacional de Normalización

Contexto de la organización. Con base en lo establecido por la Organización Internacional de Normalización (2018), este aspecto «contempla las cuestiones internas o externas, positivas o negativas e incluyen condiciones, características o circunstancias cambiantes que puedan afectar al sistema de gestión» (p. 30, 31), ver Gráfica 7.

Partes interesadas del sistema de gestión. Según la Organización Internacional de

Normalización (2018), son las «personas u organizaciones que potencialmente se pueden afectar o inclusive se perciben como afectadas, como consecuencia de las decisiones o las actividades que realiza la organización» (p. 2).

Alcance del sistema de gestión. Según la Organización Internacional de Normalización (2018), «contempla los límites y la aplicabilidad del sistema de gestión, por tanto la organización debería considerar su contexto, las necesidades y expectativas de las partes interesadas, así como, las actividades, productos y servicios bajo su control» (p. 10).

Gráfica 7

Cuestiones externas e internas de la organización

Fuente: Adaptación hecha por el autor a partir de la norma ISO 45001, 2018, p. 30, 31

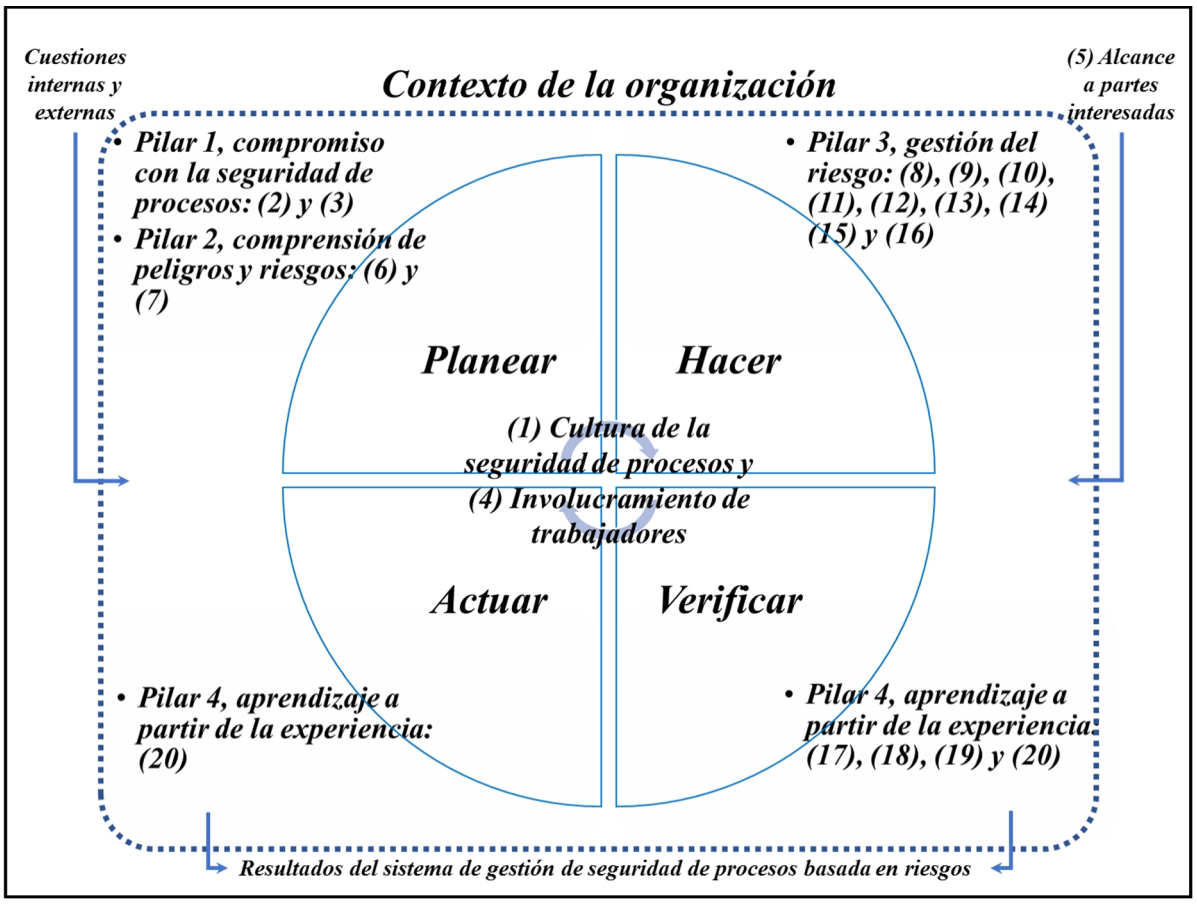
Diseño e implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos

Ciclo P-H-V-A para la gestión de seguridad de procesos

El ciclo P-H-V-A propuesto por Deming-Shewhart, cumple una función muy importante dentro de la gestión que realiza cualquier organización, puesto que le permite comprender y desarrollar el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión dentro de cada una de las cuatro (4) etapas del ciclo, así mismo, le permite asignar recursos para su implementación. En consecuencia, para la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS, se propone el siguiente ciclo P-H-V-A adaptado a partir de la norma ISO 45001 en su versión 2018.

Gráfica 8

Ciclo P-H-V-A para la implementación del RBPS



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Organización Internacional de Normalización, 2018, p. ix

Los numerales relacionados en la Gráfica 8, corresponden según el Center for Chemical Process Safety (2007) a «los 20 elementos y su distribución en cada uno de los pilares: Compromiso con la seguridad de procesos: (1) Cultura de la seguridad de procesos, (2) Cumplimiento de estándares, (3) Competencia en seguridad de procesos, (4) Involucramiento de trabajadores, (5) Alcance a partes interesadas; Comprensión de peligros y riesgos: (6) Gestión del conocimiento del proceso, (7) Identificación de peligros y análisis de riesgos; Gestión del riesgo: (8) Procedimientos operativos, (9) Prácticas de trabajo seguro, (10) Integridad y confiabilidad de facilidades, (11) Gestión de contratistas, (12) Aseguramiento del entrenamiento y desempeño, (13) Gestión del cambio, (14) Preparación operacional, (15) Ejecución de operaciones, (16) Gestión de emergencias; y Aprendizaje a partir de la experiencia: (17) Investigación de incidentes, (18) Medición e indicadores, (19) Auditorías y (20) Revisión de la gestión y mejoramiento continuo» (p. 47, 48, 51, 52).

En la Gráfica 8 se evidencia que requisitos tales como, el contexto de la organización, comprendido como las cuestiones internas y externas de la organización que pueden afectar positiva o negativamente el cumplimiento de los objetivos del RBPS y que en su versión original las directrices del CCPS no lo contemplan, al igual que el requisito (5) relacionado con el “Alcance a partes interesadas” son esenciales como elementos de entrada dentro del proceso de planeación del RBPS. Por otro lado, el ciclo P-H-V-A pivotea entorno a requisitos tales como (1) Cultura de la seguridad de procesos y (4) Involucramiento de trabajadores, esto significa que cada una de estas etapas requieren el liderazgo y compromiso de la alta dirección, así como, del involucramiento y participación de los trabajadores para el logro de los resultados esperados del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS.

Caracterización de un proceso de producción de petróleo

De acuerdo con Torres (2020) «la caracterización permite controlar los procesos organizacionales, a través de la comprensión de su objetivo y los elementos esenciales. Los elementos que conforman la caracterización del proceso son: identificación del proceso, responsable, cargo, cliente del proceso, propósito del proceso, entradas, salidas, actividades, recursos requeridos, control e indicadores de gestión» (1, 2).

La caracterización del proceso de producción permite adaptar el sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos – RBPS a implementar a las condiciones de la organización en particular. La caracterización de este proceso propuesta por el autor de la investigación, a partir del ciclo P-H-V-A, el contexto de la organización, los factores estratégicos propuestos en este estudio, otros elementos de entrada, al igual que las salidas se muestran en la Gráfica 9.

Gráfica 9

Caracterización del proceso de producción de petróleo

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Pacific Rubiales Energy, 2016, p. 5

Adaptación de los requisitos de seguridad de procesos basada en riesgos del CCPS

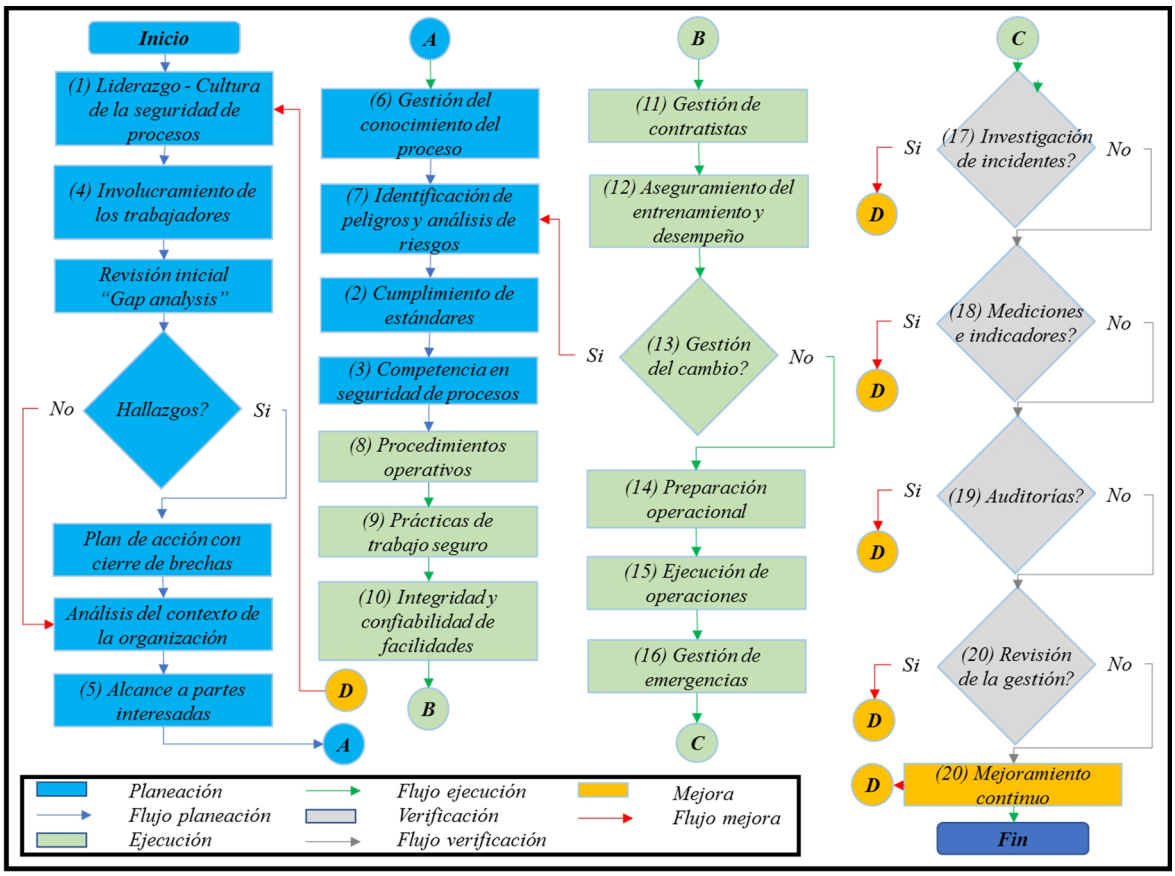
La adaptación de los requisitos es fundamental para garantizar que estos una vez implantados sean pertinentes al contexto nacional y al sector petrolero, de tal manera que contribuyan al logro de los

objetivos y metas de las organizaciones, así como, a la prevención de los accidentes mayores. Los requisitos que conforman el sistema indican el ¿Qué?; sin embargo, el ¿Cómo?, es precisamente el proceso de adaptación que cada organización define, y que de acuerdo con el objeto del trabajo de investigación, se desarrolla en el siguiente título.

El flujograma propuesto en la Gráfica 10, ver Anexo F, permite visualizar el proceso de evaluación e implementación de los requisitos del RBPS del CCPS, partiendo del liderazgo y compromiso con la seguridad de procesos que debería demostrar la alta dirección de la organización, así mismo, es pertinente el involucramiento y participación de los trabajadores para facilitar el logro de los resultados.

Gráfica 10

Flujograma para la evaluación e implementación del RBPS



Fuente. Autor

Un ejercicio de esta naturaleza, debería iniciarse con una revisión inicial o "Gap analysis", la cual

debería permitir identificar las brechas de la condición inicial del estado de implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos basado en riesgos. Lo cual debería permitir un plan de acción resultado de esta revisión al inicio del proceso de implementación.

Pilares y requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos basada en riesgos - RBPS del CCPS

Se recomienda llevar a cabo un análisis de contexto de la organización, en el cual se debería hacer como un ejercicio interdisciplinario de representantes de los diversos procesos que conforman la organización, mediante el uso de técnicas tales como la matriz FODA, las matriceso EFI y matriz EFE, el análisis PESTEL, la determinación de partes interesadas, por medio de las necesidades y expectativas de estas, se debería garantizar que el sistema de gestión de seguridad de procesos se diseña y se procede a implementar con alcance a estos elementos.

Para la revisión inicial y las revisiones posteriores del RBPS, incluidas las auditorías y la revisión por la gerencia, se deberían correr las listas de verificación propuestas para cada requisito, en las cuales se califica su cumplimiento en una escala desde cero (0) hasta cinco (5), tal como se indica a continuación, ver también Anexo E. Los requisitos se relacionan desde la Tabla 3 hasta la Tabla 23.

0	*0% de Implementación*
1	*1% al 20% de implementación aproximada*
2	*21% al 40% de implementación aproximada*
3	*41% al 70% de implementación aproximada*
4	*71% al 95% de implementación aproximada*
5	*Más del 95% de implementación*

Pilar 1, compromiso con la seguridad de procesos

Requisito 1, cultura de la seguridad de procesos

Tabla 3

Cultura de la seguridad de procesos

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
I. Compromiso con la seguridad de procesos						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
1. Cultura de la seguridad de procesos: *La cultura de seguridad de procesos de una organización, se define como "la combinación de valores y comportamientos de un grupo que determinan la manera como se gestiona la seguridad de procesos. Se debería considerar básicamente "Cómo se hacen las cosas en la organización", "Que espera la organización" y "Cómo se comporta cada trabajador cuando nadie lo mira". Tener en cuenta como mínimo:*						
1.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer la seguridad de procesos como un valor fundamental						
Proveer un liderazgo sólido						
Establecer y ejercer altos estándares de desempeño						
Documentar el énfasis y enfoque de la cultura de la seguridad de procesos						
1.2 Desarrollar e implementar una cultura confiable						
Mantener un sentido de vulnerabilidad						
Empoderar a las personas para que cumplan con éxito sus responsabilidades de seguridad						
Valorar la experiencia						
Garantizar comunicaciones abiertas y efectivas						
Establecer un ambiente de cuestionamiento y aprendizaje						
Promover confianza mutua						
Proveer la respuesta oportuna a los asuntos y preocupaciones de seguridad de procesos						
1.3 Monitorear y guiar la cultura						
Realizar un monitoreo continuo del desempeño						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 8, 9

«El apoyo, liderazgo y compromiso de la alta gerencia es absolutamente necesario para el logro de los objetivos propuestos por el sistema de gestión de procesos» (Lacayo et al., 2015, p. 106).

Como evidencia del liderazgo, la alta dirección debería considerar la elaboración, divulgación, publicación y aplicación de una “Política de seguridad de procesos” donde manifieste su compromiso como mínimo con:

- La asignación de recursos,
- La gestión de los riesgos de seguridad de procesos,
- La gestión preventiva de los accidentes de seguridad del proceso,
- La aplicación de los más altos estándares en materia de seguridad de procesos, y
- Desarrollar una cultura de la seguridad de procesos.

El liderazgo de la alta dirección es determinante para alcanzar los resultados, a la hora definir el alcance del sistema de gestion, al igual que el cumplimiento de todos los requisitos del sistema de gestión de seguridad de procesos, ver Gráfica 8 y Gráfica 10.

Adicionalmente, se debería considerar la conformación de un comité de seguridad de procesos constituido por especialistas de diversas disciplinas afines al proceso.

Requisito 2, cumplimiento de estándares

Tabla 4

Cumplimiento de estándares

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
I. Compromiso con la seguridad de procesos						
2. Cumplimiento de estándares: *Es un proceso para identificar, desarrollar, adquirir, evaluar, diseminar y proveer acceso a los estándares, códigos, normas y leyes aplicables, y que afectan la seguridad del proceso petrolero. Se deberían incluir tanto los estándares internos como los externos, nacionales e internacionales, etc. El sistema de gestión permite garantizar que esta información esté rápida y fácilmente accesible a todos los usuarios. Se pretende que esta información esté disponible y fácilmente accessible a todos los usuarios. Es importante tener en cuenta, que estos estándares interactúan de una u otra manera con cada uno de los requisites del sistema de gestión de RBPS. El conocimiento y cumplimiento de los estándares contribuye a que la organización (1) opere y mantenga una facilidad segura, (2) aplique sistemáticamente las buenas prácticas de seguridad de procesos, y (3) de cumplimiento con la responsabilidad legal. Adicionalmente, los estándares hacen parte de la base de los requisites a tener en cuenta durante un programa de auditoría para determinar la conformidad del sistema de gestión. Tener en cuenta como mínimo:*						
2.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar la implementación coherente del sistema de estándares						
Identificar cuándo se requiere el cumplimiento de los estándares						
Involucrar a personal competente						
Garantizar que las prácticas de cumplimiento de los estándares son efectivas						
2.2 Realizar actividades de cumplimiento						
Proporcionar información apropiada para el cumplimiento de los estándares						
Realizar actividades de aseguramiento del cumplimiento						
Evaluar periódicamente el estado de cumplimiento y proporcionar un informe a la alta dirección						
Revisar la aplicabilidad de los estándares cuando surja nueva información o se presenten cambios						
2.3 Seguimiento por medio de decisiones, acciones y uso de resultados de cumplimiento						
Actualizar los documentos e informes del cumplimiento según se requiera						
Comunicar el cumplimiento o presentar informes de aseguramiento del cumplimiento a las entidades externas apropiadas						
Mantener registros del cumplimiento del requisito						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 9, 10

Se debería considerar la aplicación de las leyes y regulaciones emitidas por el gobierno nacional en materia de la gestion de los riesgos de desastres, tecnológicos y del proceso, planes de respuesta ante emergencias y contingencias, así como, las normas de buenas practicas aplicables a procesos, tecnología, personal, áreas clasificadas para el sector en particular en sus versiones actualizadas, tales como: ASME, API, NFPA, NACE, NEMA, ISO, IEC, NTC, etc. Estas consideraciones deberían hacerse desde y durante las fases de diseño, conceptualización, construcción, operación, etc.

A manera de ejemplo, se propone construir una matriz que permita visualizar cada uno de los estándares y la forma como la organización da cumplimiento con estos, así como, el área responsable de su actualización y divulgación.

Matriz de estándares de seguridad de procesos y cumplimiento				
Estándar	***Emisor***	***Requisito***	***Evidencia de cumplimiento***	***Responsable***

Fuente: Autor

Una vez se evidencie la actualización de cualquier estándar aplicable, se debería llevar cabo la actualización de la matriz, definir la forma como la organización daría cumplimiento con esta, así como, el plazo que la organización establece.

Requsito 3, competencia en seguridad de procesos

Tabla 5

Competencia en seguridad de procesos

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
I. Compromiso con la seguridad de procesos						
3. Competencia en seguridad de procesos: *El Desarrollo y Mantenimiento de la competencia en seguridad de procesos abarca tres acciones interrelacionadas: (1) mejoramiento continúo del conocimiento y la competencia, (2) asegurar que la información necesaria esté disponible para el personal que lo requiera, y (3) que se aplique consecuentemente lo que se ha aprendido. Tener en cuenta como mínimo:*						
3.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer objetivos						
Designar un representante de la alta dirección dentro de la organización, que contribuya a dar cumplimiento con las expectativas de gestión en este requisito						
Identificar los consiguientes beneficios						
Desarrollar un plan de aprendizaje						
Promover el aprendizaje dentro de la organización						
Tolerar errores y equivocaciones, pero aprender de ellos						
3.2 Ejecutar actividades que ayuden a mantener y mejorar la competencia en seguridad de procesos						
Nombrar administradores de tecnología						
Tener conocimiento de los documentos						
Asegurar que la información es asequible						
Proveer una estructura organizacional						
Proporcionar conocimiento al personal que lo requiera						
Aplicar el conocimiento						
Actualizar información						
Promover la interacción persona a persona						
Planificar las transiciones de personal						
Solicitar conocimiento de fuentes externas						
3.3 Evaluar y compartir resultados						
Evaluar la utilidad de los esfuerzos realizados						
Solicitar necesidades de las unidades operacionales						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
3.4 Ajustar planes						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 10, 11

Según Bridges (2018) «las actividades de proceso donde hay mayor influencia de los errores son: Diseño de procesos, Especificación de componentes, Recepcionando e instalando equipos, Commissioning, Operando un proceso, Mantenimiento, inspección y reparación de un proceso, Solucionando y suspendiendo el proceso, Gestionando cambios del procesos, procedimientos, materiales, facilidades y personal. Por otro lado, las 10 categorías de factores humanos que requieren controlarse por parte de la compañía son: Tiempo disponible para respondientes solamente, Estrés, Complejidad y diseño de la tarea, Experiencia/Entrenamiento, Procedimientos, Interfaz Hombre-Máquina, Aptitud física para la tarea, Proceso de trabajo y supervisión, Ambiente de trabajo, y Comunicación» (p. 17-22).

Las competencias requeridas para cada uno de los cargos que partipan dentro del sistema de gestion deberían concebirse en términos del conocimiento, experiencia y habilidades, a partir de los roles y responsabilidades. Los cargos a considerar son: la alta dirección, el representante de la gerencia, la gerencia de línea, el responsable del proceso, los supervisores, los operadores, los responsables de control y seguimiento de los proveedores y contratistas, trabajadores en general, etc.

Las necesides de capacitación y formación del personal, se deberían identificar a apartir de los roles y responsabilidades que estos tienen dentro de la organización y que impactan al sistema de gestion de seguridad de procesos. Esto implica que se realice una proceso de inducción y acompñamiento a los trabajadores críticos del proceso, con el fin de garantizar que se adquiere el nivel de conocimiento y familiaridad necesario del proceso.

En la medida de lo posible, estos requerimientos deberían hacer parte de la documentación del sistema de gestion.

A manera de ejemplo, se propone construir una matriz que permita visualizar las necesidades de capacitación y formación, así como su seguimiento.

Plan de formación y capacitación en seguridad de procesos				
Formación/capacitación	***Asistentes***	***Fecha de realización***	***Seguimiento***	***Responsable***

Fuente: Autor

Requisito 4, involucramiento de trabajadores

Tabla 6

Involucramiento de trabajadores

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
I. Compromiso con la seguridad de procesos						
4. Involucramiento de trabajadores: *Los trabajadores en todos los niveles y en todas la posiciones dentro de la organización, deberían tener roles y responsabilidades para mejorar y asegurar la seguridad de las operaciones de la organización. Sin embargo algunos trabajadores pueden no estar al tanto de todas las oportunidades de como contribuir. Algunas organizaciones pueden no escuchar efectivamente a sus trabajadores que tienen alta experiencia o peor aún pueden desalentar a los trabajadores que quieren contribuir al mejoramiento debido a las organizaciones lo ven como un rol no ttradicional. La participación de los trabajdores proporciona un medio que permite la contribución de los empleados y los contratistas en el diseño, desarrollo, implementación y la mejora continua del sistema de gestión RBPS. Tener en cuenta como mínimo:*						
4.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar una implementación consistente						
Involucrar personal competente						
4.2 Conducir las actividades del trabajo						
Proveer contribuciones apropiadas						
Aplicar los procesos de trabajo adecuados y evidenciar los resultados del trabajo						
4.3 Monitorear la efectividad del sistema						
Asegurar que las prácticas de participación de los trabajadores permanezcan efectivas						
4.4 Promover activamente el programa de participación de los trabajadores						
Estimular la participación de los trabajadores						
Adoptar nuevas oportunidades en la participación de los trabajadores						
Publicar el progreso del programa sobre la participación de los trabajadores						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 11, 12

Al igual que el liderazgo, la participación de los trabajadores, son requisitos sobre los cuales pivotea el sistema de gestion. La participación de los trabajadores debería estimularse desde la planificación del diseño conceptual y de ingeniería de las facilidades, así como, cualquier cambio que se quiera considerar al proceso o incorporación de nuevas tecnologías durante la fase de operación.

La organización debería crear los medios para facilitar el reporte de novedades, condiciones e inclusive casi-accidentes, sin que esto le genere al trabajador un llamado de atención o repercusión negativa sobre su desempeño. Así mismo, debería promover la apertura de espacios de discusión para que los trabajadores participen y aporten; igualmente, se deberían realizar reuniones de cambio de

personal entre los turnos de trabajo para que se comuniquen con el nivel de detalle necesario las condiciones de seguridad y operacional de los procesos. En lo posible se deberían dejar estas comunicaciones por escrito a través del medio que defina el representante de la alta dirección.

A manera de ejemplo, se propone construir un formato de consulta y participación de los trabajadores.

Consulta y participación de los trabajadores No._____	
Trabajador:	*Fecha:*
Reporte:	
Respuesta:	
Quien da respuesta:	*Fecha:*

Fuente: Autor

Así como, se debería llevar un cuadro de seguimiento consolidado a las consultas y participación de los trabajadores, con el fin de centralizarlas y facilitar su seguimiento.

Seguimiento a consulta y participación de los trabajadores					
No.	***Fecha generación***	***Acción definida***	***Acción desarrollada***	***% Cumplimiento***	***Responsable***

Fuente: Autor

Requisito 5, alcance a partes interesadas

Tabla 7

Alcance a partes interesadas

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
I. Compromiso con la seguridad de procesos						
5. Alcance a partes interesadas: *La divulgación a los grupos de interés es un proceso para (1) determinar organizaciones que pueden ser o que consideran que pueden ser afectados por las operaciones de la organización e involucrarlos en un dialogo acerca de la seguridad de procesos, (2) estableciendo una relación con organizaciones comunitarias, otras organizaciones, grupos profesionales y autoridades locales y estatales, así como, (3) el suministro de información acerca de la organización y los productos de las facilidades, los procesos, sus planes, e igualmente, los peligros y riesgos. Este proceso garantiza que las directivas hacen que la información relevante de la seguridad del proceso esté disponible para todos los grupos de interés. Este requisite también estimula el intercambio de información relevante y de las lecciones aprendidas con organizaciones similares. Finalmente, el requisito promueve la participación de la facilidad en la comunidad local y facilita la comunicación de información y de las actividades de esta que puedan afectar a la comunidad. Tener en cuenta como mínimo:*						
5.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar una implementación consistente						
Involucrar personal competente						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Mantener prácticas efectivas						
5.2 Identificar las necesidades de comunicación y divulgación						
Identificar las partes interesadas relevantes						
Definir el alcance apropiado						
5.3 Cumplir con los compromisos y acciones						
Seguimiento de compromisos a las partes interesadas y recibir retroalimentación						
Compartir las preocupaciones de las partes interesadas con las directivas						
Documentar los encuentros de divulgación						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 12, 13

Según Rahman et al. (2019) «la implementación del programa de alcance a las partes interesadas en la industria de procesos, es crucial para reducir el impacto de los accidentes mayores a las partes interesadas» (p. 7).

El alcance a partes interesadas complementa al análisis de contexto organizacional, donde se consideran las cuestiones internas y externas, ver Gráfica 8 y Gráfica 10, y este debería considerar las necesidades y expectativas de los trabajadores y las demás partes interesadas. Para la determinación del contexto, se deberían considerar factores organizacionales, tales como: Dominio u Origen, Participación de la organización, Estructura organizacional, Producción de petróleo, Clase de petróleo, Tamaño de la organizacón, Madurez de la organización, Estado de implementación de los requisitos del RBPS, Accidentalidad, Filosofía operacional, entre otros, así como complementarlo con ejercicios interdisciplinario que apliquen metodologías, como: DOFA, matriz EFI, matriz EFE, PESTEL, etc. que permitan definir estrategias para garantizar la adaptabilidad del sistema de gestion a la organización y su contexto.

A manera de ejemplo, se propone construir un “Programa con alcance a partes interesadas”, el cual debería estipular un objetivo, un alcance, el desarrolo de unas actividades, unos indicadores de gestion y registros, que permitan dar garantía del cumplimiento del requisito, así mismo, incluir un cuadro donde se especifiquen las partes interesadas, sus necesidades y expectativas, las evidencias de cumplimiento y los responsables

Alcance a partes interesadas sistema de gestion de seguridad de procesos					
Partes interesadas	***Necesidades y expectativas***	***Acción acordada***	***Acción desarrollada***	***Evidencia de cumplimiento***	***Responsable***

Fuente: Autor

Pilar 2, comprensión de peligros y riesgos

Requisito 6, gestion del conocimiento del proceso

Tabla 8

Gestión del conocimiento del proceso

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
II. Comprensión de peligros y riesgos						
6. Gestión del conocimiento del proceso: *El requisito conocimiento se enfoca inicialmente en información que puede ser fácilmente registrada en documentos, tales como (1) documentos técnicos escritos y especificaciones, (2) planos y cálculos de ingeniería, (3) especificaciones para diseño, fabricación e instalación de equipos del proceso, y (4) otros documentos escritos tales como fichas de seguridad de materiales (FDS). El término conocimiento del proceso es usado para compilar, catalogar y poner a disposición un conjunto específico de datos que normalmente se registra en físico o en formato electrónico. Sin embargo, el conocimiento implica entendimiento, no simplemente recolección de datos, por tanto, el requisito relacionado con la competencia lo complementa, ya que garantiza los usuarios de la información la interpreten correctamente. Tener en cuenta como mínimo:*						
6.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar una implementación consistente						
Definir el alcance						
Documentar completamente los riesgos químicos de reactividad y de compatibilidad						
Asignar responsabilidad a personal competente						
6.2 Catalogar el conocimiento de procesos de una manera que facilite la recuperación						
Disponer de la información y proporcionar una estructura documental						
Proteger el conocimiento de una pérdida inadvertida						
Almacenar cálculos, datos de diseño e información similar en archivos centrales						
Documentar información de una manera amigable						
6.3 Proteger y actualizar el conocimiento de procesos						
Controlar o limitar el acceso a documentos desactualizados						
Mantener la exactitud						
Protegerse contra un cambio inadvertido						
Protegerse en contra de la remoción física o electronica, o de un archivo incorrecto						
Apoyar esfuerzos para gestionar el cambio adecuadamente						
6.4 Utilizar el conocimiento de procesos						
Los documentos son accesibles						
La información puede ser localizada dentro de los documentos						
El personal tiene confianza en que el conocimiento del proceso esta actualizado y es exacto						
El personal es consciente de como acceder al conocimiento del proceso						
Se garantiza la sensibilización						
Se asegura que el conocimiento del proceso sigue siendo pertinente y útil						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 13-15

Se debería garantizar la disposición de información actualizada y pertinente acerca del proceso, la instrumentación, la tecnología, los equipos y los materiales usados en el proceso.

Se deberían identificar los sistemas, equipos e instrumentos críticos dentro del proceso, con el fin de garantizar su mantenibilidad y operatividad, así como, los límites operacionales. Se debería contar con las memorías de cálculos de lo equipos y sistemas, los balances de materiales y energía del proceso, identificando las etapas críticas y las salvaguardas disponibles, así como, los diagramas de bloques, los diagramas de tuberías e instrumentos (P&ID´s), etc.

Se debería garantizar la disposición de los planos de áreas clasificadas como peligrosas, y que así mismo, los equipos tales como bombas, compresores, etc. usados en esas áreas cumplen con los requerimientos de seguridad necesarios.

Se debería realizar un inventario de los materiales químicos peligrosos usados en el proceso, incluidos los hidrocarburos, y garantizar la disposición en los sitios de trabajo de las fichas de seguridad de los materiales, su divulgación a los trabajadores, especialmente en lo que tiene que ver con las propiedades químicas y físicas, tales como toxicidad, reactividad, inflamabilidad, compatibilidad, etc.

Requisito 7, identificación de peligros y análisis de riesgos

Tabla 9

Identificación de peligros y análisis de riesgos

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
II. Comprensión de peligros y riesgos						
7. Identificación de peligros y análisis de riesgos: *Un sistema exhaustivo de identificación de peligros y análisis de riesgos, es el requisito principal de este pilar. La identificación de peligros y análisis de riesgos, por sus siglas en inglés HIRA, es un término colectivo que abarca todas las actividades involucradas en la identificación de peligros y la evaluación de riesgo en las facilidades de producción, a través de su ciclo de vida, para asegurar que el riesgo a los trabajadores, público en general y el medio ambiente es controlado consistentemente dentro de los límites de aceptabilidad al riesgo establecidos por la organización. Estos estudios se basan en tres preguntas principales, las cuales deberían responderse a un nivel de detalle en concordancia con los objetivos de análisis, las etapas del ciclo de vida, la información disponible y los recursos. Estas son:* ***Peligro*** *– ¿Qué puede salir mal?,* ***Consecuencias*** *– ¿Qué tan malo podría ser? y* ***Probabilidad*** *– ¿Con qué frecuencia podría suceder? Tener en cuenta como mínimo:*						
7.1 Mantener prácticas confiables						
Documentar el sistema de gestión de riesgo que se desea						
Integrar las actividades HIRA en el ciclo de vida de proyectos y procesos						
Definir claramente el alcance del análisis HIRA y asegurar la cobertura adecuada						
Delimitar el alcance físico del sistema de riesgos						
Involucrar personal competente						
Hacer juicio de riesgo de manera consistente						
Verificar que las prácticas HIRA permanecen efectivas						
7.2 Evaluar riesgos y tomar decisiones basadas en riesgo						
7.3 Seguimiento a los resultados de la evaluación						
Comunicar los resultados importantes a la gerencia						
Documentar el riesgo residual						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
Resolver las recomendaciones y realizar seguimiento acerca del cumplimiento de las acciones						
Comunicar los resultados internamente						
Comunicar los resultados externamente						
Mantener registros de la valoración del riesgo						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 15, 16

Según Cárdenas (2019) «es imprescindible realizar la elección de la metodología adecuada al proceso para el análisis de riesgos tecnológicos, dado a que este es un factor esencial en el proceso de identificación de brechas» (p. 16).

La organización debería elaborar e implementar un procedimiento para realizar la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y determinación de controles del proceso, donde se especifique las técnicas o metodologías que se usarán para dicho proceso. Este debería estar conformado como mínimo por: objetivos, alcance, referencias, consideraciones y condionantes del proceso, paso a paso, participantes y responsables.

Esta actividad debería apoyarse con personal interdisciplinario competente, que conozca el proceso operacional, así como, las diversas técnicas existentes para aplicar la más adecuada al proceso objeto de estudio. Los resultados de este ejercicio deberían mantenerse disponibles y vigentes durante el ciclo de vida de la facilidad. A manera de ejemplo, y de acuerdo con la Comisión Electrotécnica Internacional (2019) «las siguientes son las metodologías a considerar» (p. 38, 39).

Tabla 10

Algunas metodologías a considerar dentro del proceso de identificación de peligros y análisis de riesgos

Técnica	Proceso de evaluación del riesgo				
	Identificación de peligros	Análisis del riesgo			Evaluación del riesgo
		Consecuencia	Probabilidad	Nivel riesgo	
ALARP	NA	NA	NA	NA	FA
Árbol de eventos	NA	FA	A	A	A
Bow tie	A	FA	A	A	A
Hazop	FA	A	NA	NA	NA
Lopa	A	FA	A	A	NA
Lluvia de ideas	FA	A	NA	NA	NA
Modo falla efectos	FA	FA	NA	NA	NA
What if	FA	FA	A	A	A
A: Aplicable		FA: Fuertemente Aplicable		NA: No Aplica	

Fuente: Adaptación hecha por el autor a International Electrotechnical Commission, 2019, p. 38, 39

El análisis de riesgos debería realizarse a partir de una matriz de riesgos parametrizada y calibrada de conformidad con el criterio de aceptabilidad de riesgo que maneja la organización, así como, tan bajo como sea razonablemente posible (ALARP). La intevención de los riesgos debería realizarse a partir de la jerarquía de control del riesgo, a saber en su orden: eliminación, sustitución, controles de ingeneiría, controles administrativos y controles en los trabajadores.

Pilar 3, gestion del riesgo

Requisito 8, procedimientos operativos

Tabla 11

Procedimientos operativos

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
III. Gestion del riesgo						
8. Procedimientos operativos: *Los procedimientos operativos son instrucciones escritas (incluyendo procedimientos que son almacenados electrónicamente e impresos por demanda) que (1) listan los pasos para una tarea determinada y (2) describen la forma en que los pasos son realizados. Generalmente un buen procedimiento también incluye una descripción del proceso, los peligros, las herramientas, las protecciones y los controles en forma detallada para que los operadores comprendan los peligros, puedan verificar que los controles han sido implementados están operando, y de esta forma garantizar que el proceso responde de la forma esperada. Los procedimientos críticos para la operación o mantenimiento seguro de los equipos deberían hacer referencia a la información actualizada de peligros e incluir advertencias sobre las consecuencias en caso de desviación. Los procedimientos también deberían proporcionar instrucciones para solucionar problemas cuando el sistema no responde como se espera Los procedimientos deberían especificar cuando se debería realizar una parada de emergencia y también debería contemplar que hacer en caso de situaciones especiales, tales como la operación temporal con un equipo fuera de servicio. Los procedimientos operativos se utilizan normalmente para controlar actividades como transiciones entre productos, la limpieza periódica de los equipos de proceso, preparación de equipos para ciertas actividades de mantenimiento y otras actividades que realizan de forma rutinaria los operadores. El alcance de este requisito contempla también los procedimientos operativos que describen las tareas requeridas para un arranque seguro, operar y parar procesos, incluyendo paradas de emergencia. Los procedimientos operativos al igual que los procedimientos de integridad de activos, los cuales se consideran más adelante, son complementarios. Tener en cuenta como mínimo:*						
8.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer controles por parte de la gerencia						
Controlar los formatos y contenido de los procedimientos						
Documentar el control						
8.2 Identificar que procedimientos operativos que son necesarios						
Realizar un análisis de tareas						
Determinar que procedimientos son necesarios y su nivel de detalle apropiado						
Considerar todos los modos operacionales, incluyendo condiciones no rutinarias y anormales						
8.3 Desarrollar procedimientos						
Utilizar un formato apropiado						
Garantizar que los procedimientos describen la respuesta esperada del sistema, cómo determinar si un paso o tarea se ha hecho correctamente, y las posibles consecuencias asociadas con errores u omisiones						
Considerar límites de operación segura y las consecuencias de las desviaciones a esos límites						
Considerar las condiciones limites para la operación						
Proporcionar instrucciones claras, concisas y precisas						
Complementar los procedimientos con listas de chequeo						
Hacer un uso efectivo de cuadros y diagramas						

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
Desarrollar procedimientos escritos para controlar operaciones temporales o no rutinarias						
Agrupar los procedimientos que tengan relación entre sí						
Validar los procedimientos y verificar que las prácticas actuales son conformes con los mismos						
8.4 Utilizar los procedimientos para la mejora del rendimiento humano						
Usar procedimientos para el entrenamiento						
Responsabilizar a la organización para que los procedimientos se sigan de manera consistente						
Asegurar que los procedimientos estén disponibles						
8.5 Asegurar que los procedimientos son mantenidos						
Gestionar los cambios						
Corregir los errores y omisiones de manera oportuna						
Revisar periódicamente todos los procedimientos operativos						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 16-18

Según Bridges (2018) «las siguientes son algunas reglas para desarrollar procedimientos: El procedimiento debería ser elaborado para alguien que ha completado un entrenamiento básico, Identifique antes de tiempo las actividades que requieren procedimiento, e identifique las actividades que se consideran habilidades dentro del equipo, El borrador inicial debe ser aplicado en campo por parte de otro usuario, El borrador revisado debería ser revisado en campo por parte de un técnico o un ingeniero de operaciones. El procedimiento necesita ser chequeado, a partir de una lista de verificación previamente elaborada. El objetivo es alcanzar como mínimo un 95%» (p. 4-8).

Los procedimientos operacionales deberían desarrollarse por parte de los trabajadores de la primera línea, y someterse a revisión a los supervisores y los ingenieros de operaciones para garantizar su comprensión, así mismo, deberían realizarse simulacros periódicamente para garantizar su vigencia y pertinencia.

Cuando los procedimientos operacionales sean sometidos a revisión y se incorporen cambios, debería garantizarse la comunicación y divulgación oportuna a todos los trabajadores que lo requieran.

Los procedimientos actualizados deberían mantenerse ya sea en físico o electrónicamente en sitios de fácil acceso para consulta y en las versiones actualizadas. Este aspecto debería soportarse con la disponibilidad de un “Listado maestro de procedimientos”.

Debería garantizarse el cumplimiento de los procedimientos establecidos para la operación de la facilidad o la planta mediante la realización de auditorias internas de cumplimiento.

A manera de ejemplo, el siguiente cuadro incluye los criterios mínimos a considerar en el "listado maestro de procedimientos" como control a estos documentos.

Listado maestro de procedimientos de seguridad de procesos					
No.	***Procedimiento***	***Fecha de emisión***	***Version vigente***	***Ubicación***	***Responsible de ejecución***

Fuente: Autor

Requisito 9, prácticas de trabajo seguro

Tabla 12

Prácticas de trabajo seguro

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
III. Gestión del riesgo						
9. Prácticas de trabajo seguro: *Los procedimientos se dividen generalmente en tres categorías. Los procedimientos operativos que rigen las actividades que generalmente involucran la producción del petróleo. Los procedimientos de Mantenimiento, los cuales incluyen la prueba, inspección, calibración, mantenimiento o reparación de equipos. Y los procedimientos de trabajo seguro, los cuales corresponden a autorizaciones o permisos de trabajo. Las prácticas de trabajo seguro ayudan a controlar los peligros y gestionar los riesgos asociados con el trabajo no rutinario y actividades críticas rutinarias. Tener en cuenta como mínimo:*						
9.1 Mantener prácticas confiables						
Definir el alcance						
Especificar en que momento del ciclo de vida de la facilidad se aplican los procedimientos de trabajo seguro						
Asegurar una implementación consistente						
Involucrar personal competente						
9.2 Controlar eficazmente las tareas no rutinarias						
Desarrollar procedimientos seguros de trabajo, permisos, listas de chequeo y otros estándares escritos						
Entrenar empleados y contratistas						
Controlar el acceso a áreas de la facilidad peligrosas						
Hacer cumplir los procedimientos de trabajo seguro, permisos y otros estándares						
Revisar la totalidad los permisos de trabajo abiertos y verificar su cierre						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 18, 19

Según IChemE Safety Centre (2018) es fundamental «asegurar que el sistema intervenido (donde se está ejecutando trabajo/actividad) está aislado apropiadamente y asegurado (con ciegos o desconexión eléctrica de válvulas operadas remotamente, para prevenir que sean operadas por error). No depender de aislamientos con una sola válvula ya que estas pueden fugar. Cubrir y sellar todos los drenajes, venteos,

accesos de personal, bridas abiertas y desagües. Al terminar los trabajos remover todos los aislamientos incluyendo los venteos del tanque. Los trabajos en caliente requieren análisis de riesgos exhaustivos, así como, controles muy estrictos que permitan garantizar el completo control de las operaciones. Para estas actividades no rutinarias se requiere el diligenciamiento de un permiso de trabajo pre-turno, donde se verifique la implantación de los controles, así como, la sensibilización de los peligros y riesgos con los trabajadores involucrados. Para la medición de atmósferas se requiere la disposición de personal entrenado, y equipos calibrados y verificados periódicamente para garantizar su funcionalidad» (p. 1, 2).

Así mismo el IChemE Safety Centre (2020) especifica que «el sistema de permisos de trabajo cumple su cometido en el control de actividades críticas y no rutinarias cuando finalmente se materializa la implementación de medidas de prevención, sin embargo, se evidencia que los trabajadores ven estos sistemas como una forma de entorpecer el desarrollo de las actividades, percepción que requiere ser intervenida y cambiada para lograr el objetivo principal del sistema» (p. 1, 2).

Debería garantizarse el nivel de entrenamiento necesario al personal de la organización y contratista que deba tramitar permisos de trabajo, así como, el personal responsable y autorizador, para ello se debería disponer de algún sistema de certificación que permita evidenciar la competencia.

El sistema de permisos de trabajo debería dotarse con los recursos necesarios para garantizar su implementación y aplicación total.

Para la aplicación de los permisos de trabajo debería garantizarse el nivel de autorización para las actividades no rutinarias y actividades críticas rutinarias. Estas actividades pueden incluir: trabajo en caliente en áreas clasificadas, mantenimiento e intervención de equipos en áreas de proceso y control de energías peligrosas, ingreso a espacios confinados, excavaciones, operaciones simultáneas, entre otras.

Se debería garantizar la suspension temporal y renovación de los permisos de trabajo durante los cambios de turno del personal autorizador, igualmente, estos deberían hacer parte del proceso de cambio de turno del personal.

En caso que las condiciones operacionales cambien, se debería preventivamente suspender toda

actividad no rutinaria o crítica rutinaria, evaluar los riesgos y tomar decisiones. De igual manera, se deberían realizar auditorias internas al sistema de permisos de trabajo de forma periódica para garantizar su correcta aplicación y pertinencia.

A manera de ejemplo, se sugiere el control de los permisos de trabajo mediante la implementación del siguiente cuadro.

Control permisos de trabajo							
No.	***Tipo de permiso***	***Fecha de emisión***	***Vigencia***	***Descripción***	***Ubicación***	***Ejecutor***	***Autorizador***

Fuente: Autor

Requisito 10, integridad y confiabilidad de facilidades

Tabla 13

Integridad y confiabilidad de facilidades

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
III. Gestión del riesgo						
10. Integridad y confiabilidad de facilidades: *El requisito sobre integridad y confiabilidad de facilidades contribuye a garantizar que los equipos estan diseñados e instalados de acuerdo con las especificaciones requeridas, y siguen siendo aptos para su uso hasta que salgan de servicio. Consiste en la implementación sistemática de actividades, tales como inspecciones y pruebas necesarias para asegurar que los equipos críticos permanecen adecuados para su aplicación prevista a lo largo de su vida. En concreto, las actividades relacionadas con este requisito se centran en (1) prevenir la liberación accidental de un material peligroso o una liberación repentina de energía y (2) asegurar la alta disponibilidad (o fiabilidad) de los sistemas de seguridad esenciales que previenen o mitigan los efectos de estos tipos de eventos. Tener en cuenta como mínimo:*						
10.1 Mantener prácticas confiables						
Desarrollar un programa o política de confiabilidad escrita						
Determinar el alcance del requisito de integridad y confiiabilidad de facilidades						
Diseño e inspección de actividades de pruebas y mantenimiento preventivo (ITPM) basadas en estándares						
Involucrar personal competente						
Actualizar prácticas en base a nuevos conocimientos						
Integrar el requisito de integridad y confiabilidad de facilidades con otros objetivos						
10.2 Identificar equipos y sistemas que están dentro del alcance del programa de integridad y confiabilidad de facilidadesy asignar tareas ITPM						
Identificar sistemas y equipos para su inclusión en el requisito integridad de activos						
Desarrollar un plan ITPM						
Actualizar el plan ITPM cuando cambien las condiciones del equipo						
10.3 Desarrollar y mantener conocimientos, habilidades, procedimientos y herramientas						
Desarrollar procedimientos de inspección, ensayo, reparación, y otras actividades críticas de mantenimiento						
Entrenar a los trabajadores y contratistas						
Garantizar que los inspectores dispongan de las certificaciones apropiadas						

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
Proporcionar las herramientas adecuadas						
10.4 Garantizar la aptitud continua para los fines previstos						
Llevar a cabo las inspecciones y pruebas iniciales como parte de la puesta en marcha de facilidades						
Realizar pruebas e inspecciones durante las operaciones						
Ejecutar la calibración, ajuste, mantenimiento preventivo y actividades de reparación						
Planificar, controlar y ejecutar las actividades de mantenimiento						
Asegurar la calidad de repuestos y materiales de mantenimiento						
Asegurar que las revisiones, reparaciones y pruebas no vayan en detrimento de la seguridad						
10.5 Considerar las fallas y deficiencias de los equipos						
Abordar inmediatamente cualquier condición que pueda conducir a una falla						
Revisar las pruebas y los reportes de inspección						
Examinar los resultados para identificar cuestiones más amplias						
Investigar las fallas crónicas utilizando una metodología estructurada						
Planear actividades de mantenimiento y reparación						
10.6 Analizar datos						
Recolectar y analizar datos						
Ajustar las frecuencias y métodos de inspección						
Llevar a cabo las inspecciones o pruebas adicionales si fuera necesario						
Planear reemplazos u otras acciones correctivas						
Archivar datos						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 19-21

Según IChemE Safety Centre (2018) «es fundamental garantizar que las especificaciones de los materiales usados para el diseño y construcción de las facilidades sea "compatible" y congruente con los materiales que se procesarán dentro de la planta, aspectos que deberían considerarse en las etapas de diseño. Así mismo, durante la vida útil de la planta se deberá garantizar la implementación de programas de prevención y mitigación de la corrosión igualmente es clave considerar desde el diseño si es prudente enterrar algunos tramos de línea o equipos, debido a la ausencia de seguimiento y mayor susceptibilidad de estos al deterioro, más cuando se desconoce a ciencia cierta la acción de agentes externos corrosivos. Es prudente garantizar la confiabilidad de los equipos y tuberías por medio de programas de seguimiento preventivos y predictivos, los cuales deberían mantenerse documentados» (p. 1, 2).

Así mismos, el IChemE Safety Centre (2018) «para prevenir accidentes ocasionados por descargas eléctricas, es imprescindible la disposición de aterrizaje de los equipos y su verificación. En algunos casos, de acuerdo al nivel de la tormenta, se deberán suspender las operaciones críticas, tales como trabajo en altura, trabajo con circuitos eléctricos, izaje de cargas, etc. Por otro lado, durante el retiro de dispositivos de seguridad, se deberá garantizar el etiquetado y candadeo (LOTO), así como, las

pruebas positivas para garantizar el respectivo aislamiento. Finalmente, ante la duda o presencia de cambios es imprescindible la suspensión de los trabajos y la re-evaluación de los riesgos» (p. 1, 2).

Los sistemas, procesos, equipos, tuberías e instrumentos deberían estar avalados para los condiciones operacionales de la facilidad, dando cumplimiento a estándares nacionales e internacionales, así como, disponer de tags traceables para verificar dicho cumplimiento.

La organización debería disponer de un programa de confiabilidad de activos, sustentado en una política, donde se especifiquen los objetivos, alcance, recursos, responsables, actividades cubiertas, indicadores de gestión, etc.

El personal delegado por la alta dirección para coordinar la ejecución del programa debería disponer de un plan de mantenimiento y confiabilidad de los sistemas, equipos, tuberías e instrumentos identificados como críticos dentro del proceso, que garantice además la calibración periódica de instrumentos y patrones, por parte de entes avalados por el Organismo Nacional de Acreditación y Certificación, así como, las verificaciones periódicas de campo para garantizar la confiabilidad de los mismos. Esta responsabilidad también implica disponer de las certificaciones traceables.

Se debería implementar una ficha técnica para cada uno de los equipos, tuberías e instrumentos críticos identificados, en el medio que establezca la organización, donde se especifiquen los aspectos relevantes, así como, las condiciones actuales de operatividad y mantenibilidad y las acciones que deberían llevarse a cabo para garantizar su condición ópttima.

Igulamente, se debería implementar un programa de monitoreo periódico para detectar oportunamente la presencia de procesos corrosivos, y así mismo, contar con un diagnóstico por parte de personal experto avalado para dicho propósito.

A manera de ejemplo se sugiere implementar la ficha técnica relacionada a continuación, la cual incluye los elementos mínimos a considerar.

Ficha técnica equipos e instrumentos críticos				
Fecha:	**Equipo/instrumento:**	**Tag:**	**Ubicación:**	**Estado:**
Fotografía		**Características y especificaciones técnicas**		
		Equipos e instrumentos		
		Tuberías		

Historial de intervenciones			
Hallazgos	**Acciones**	**% Cumplimiento**	**Fecha**

Pronóstico:			
Detalles adicionales del equipo/instrumentos			P&ID´s

Fuente: Autor

Requisito 11, gestión de contratistas

Tabla 14

Gestión de contratistas

Requisito y evidencias de cumplimiento	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
III. Gestión del riesgo						
11. Gestión de contratista: *La industria petrolera require de contratistas con habilidades muy especiales y, a veces, para llevar a cabo tareas especialmente peligrosas, a menudo durante los períodos de actividad intensa, como en las paradas de planta para mantenimiento. Estas consideraciones unidas a la falta de familiaridad que el personal contratista pueda tener con respect a los peligros en las instalaciones y en las operaciones, conllevan desafíos para la prestación segura de los servicios contratados. La gestión de contratistas es un conjunto de controles para garantizar que los servicios contratados apoyan tanto las operaciones seguras en la facilidad, como la seguridad del proceso y el rendimiento de seguridad de los trabajadores. Este requisito comprende la selección, adquisición, utilización y monitoreo de los servicios contratados. Tener en cuenta como mínimo:*						
11.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar una implementación consistente						
Identificar cuándo es necesaria la gestión de contratistas						
Involucrar personal competente						
Asegurar que las prácticas permanecen efectivas						
11.2 Realizar actividades para cumplimiento del requisito (Seleccionar contratistas apropiadamente)						
Establecer expectativas, roles y responsabilidades para la implementación y cumplimiento del programa de seguridad						
Asegurar que el personal contratista está entrenado apropiadamente						
Cumplir con las responsabilidades de la organización con respecto al desempeño de seguridad						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
11.3 Monitorear el sistema de gestión del contratista para garantizar su efectividad						
Auditar el proceso de selección del contratista						
Monitorear y evaluar el desempeño de seguridad del contratista						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 21, 22

Según IChemE Safety Centre (2020) «es imprescindible realizar inventario de los materiales usados en la planta, así tener disponibles y para consulta de todos los trabajadores las fichas de seguridad, e igualmente se deberán garantizar las condiciones necesarias para el almacenamiento de los materiales y de los residuos. Los operadores necesitan un conocimiento completo de los peligros inherentes asociados con la manipulación y el almacenamiento de materiales. Al contratar un proceso técnico a un tercero, el operador debe asegurarse de que todos los riesgos en la zona y los asociados a los trabajos de los contratistas han sido identificados, informados y controlados» (p. 1, 2).

A partir de la necesidad de contratación de un servcicio, se debería definir claramente el objetivo, alcance, los términos de referencia, las comptenecias del personal requerido, etc., así mismo, previo al inicio de la prestanción del servicio se debería verificar el cumplimiento de los requisitos del contrato y realizar una inducción al personal contratista con el fin de dar a conocer las políticas, normas, procedimientos, lineamientos de seguridad, etc.

Se debería requerir que en la medida de posible el personal contratista o un delegado participe en las reuniones de cambio de turno. En caso que se envíe un trabajador delegado este debería socializar con todos los trabajadores a su cargo las indicaciones de seguridad y acuerdos que se den en las reuniones preturno.

Para actividades no rutinarias y críticas rutinarias, donde se contemple algún tipo de afectación, se debería requerir la participación de los contratistas durante la planeación y socialización.

Los trabajadores contratistas deberían tener la posibilidad de participar en el programa de involucramiento y participación de los trabajadores establecidos por la organización.

En la medida de lo posible se deberían asignar áreas de trabajo a los contratistas mediante un

"Acta de entrega de área" indicando los límites geográficos y del proceso. El personal responsable de la facilidad o un delegado debería realizar periódicamente inspección en las áreas de trabajo entregadas al contratista, así como, programar y realizar auditorías para monitorear su desempeño.

Requisito 12, Aseguramiento del entrenamiento y desempeño

Tabla 15

Aseguramiento del entrenamiento y desempeño

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
III. Gestión del riesgo						
12. Aseguramiento del entrenamiento y desempeño: *El entrenamiento es la instrucción práctica de los requisitos y métodos de trabajo. Se puede proporcionar en un aula o en lugar de trabajo, y su objetivo es capacitar a los trabajadores para cumplir con las normas mínimas de desempeño, para mantener su competencia o inclusive para ascender a una posición más exigente. El desempeño es la evidencia por medio de la cual los trabajadores demuestran que han comprendido la formación impartida y pueden aplicarla en situaciones prácticas. Así mismo, es un proceso continuo para garantizar que los trabajadores cumplan con los estándares de desempeño y para identificar necesidades adicionales de entrenamiento. Tener en cuenta como mínimo:*						
12.1 Mantener prácticas confiables						
Definir los roles y responsabilidades						
Validar la efectividad del programa						
Controlar documentos						
12.2 Identificar que entrenamiento es necesario						
Llevar a cabo un análisis del trabajo/tarea						
Determinar los requerimientos mínimos (o elementos esenciales) para los candidatos						
Determinar el entrenamiento mínimo necesario						
Desarrollar el entrenamiento en los grupo conformados						
Gestionar cambios						
12.3 Proporcionar entrenamiento efectivo						
Elaborar o adquirir materiales de capacitación						
Contemplar los tiempos necesarios						
Unir los temas relacionados						
Garantizar que el entrenamiento esté disponible						
12.4 Monitorear el desempeño de los trabajadores						
Realizar una cualificación inicial						
Evaluar periódicamente a los trabajadores						
Revisar periódicamente todos los requisitos de cualificación						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 22, 23

Este requisito se nutre a partir de (2) Cumplimiento de estándares, (3) Competencia en seguridad de procesos, (6) Gestión del conocimiento del proceso, (8) Procedimientos operativos y (9) Prácticas de trabajo Seguro, por medio de las cuales se identifican las necesidad de capacitación de los trabajadores, las cuales como se indicó previamente deberían consolidarse en un cuadro de formación/capacitación, sin embargo, en esta fase del proceso se deberían disponer de los soportes necesarios para generar una evaluación con el estado de avance, así como, emitir una calificación por trabajador que permita igualmente

identificar necesidades de formación adicional. Es posible que en los procesos de auditoria e inclusive de investigación de incidentes y gestion de emergencias, se logren identificar necesidades de formación adicionales.

La organización debería propender por monitorear la efectividad de la formación y capacitación realizada a los trabajadores, a la luz de los incidentes y accidentes ocurridos.

Requisito 13, gestión del cambio

Tabla 16

Gestión del cambio

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
III. Gestión del riesgo						
13. Gestión del cambio: *El requisito sobre gestion del cambio pretende garantizar que los cambios en un proceso no introducen inadvertidamente nuevos peligros o inconscientemente incrementan el riesgo de peligros existen. La gestion del cambio incluye un proceso de revisión y autorización para evaluar los ajustes propuestos al diseño, operación, organización o actividades de la facilidad antes de la implementación para asegurarse que no se introducen nuevos peligros imprevistos y que el riesgo de peligros existentes para trabajadores, público en general, y/o el medio ambiente no se incrementan inconscientemente. También se incluyen medidas para ayudar a asegurar que el personal potencialmente afectado es notificado del cambio y que los documentos pertinentes, tales como procedimientos, conocimiento de seguridad del proceso, y otra información clave, se mantiene vigente. Tener en cuenta como mínimo:*						
13.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer una implementación consistente						
Involucrar personal competente						
Mantener prácticas MOC efectivas						
13.2 Identificar situaciones potenciales de cambio						
Definir el alcance del sistema MOC						
Gestionar todas las fuentes de cambio						
13.3 Evaluar los impactos posibles						
Proporcionar información de entrada adecuada para gestionar los cambios						
Aplicar rigor técnico adecuado para el proceso de revisión del MOC						
Asegúrese de que los colaboradores MOC tienen la experiencia y herramientas adecuadas						
13.5 Decidir si se permite el cambio						
Autorizar cambios						
Asegurar que quienes autorizan el cambio abordan cuestiones importantes						
13.6 Completar las actividades de seguimiento						
Actualizar registros						
Comunicar los cambios a los trabajadores						
Promulgar medidas de control de riesgo						
Mantener registros MOC						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 23-25

Según IChemE Safety Centre (2019) «los diseños originales de la planta se deberían respetar ya que obedecen a un análisis exhaustivo, apoyado generalmente en un análisis de peligros del proceso

(PHA), por lo cual se debería garantizar su aplicación durante el proceso constructivo de la facilidad. Por otro lado, durante la vida útil de la planta, se deben considerar los cambios que se producen en esta, incluido el deterioro normal, aspectos que igualmente deberían contemplarse en un PHA. Es importante crear cultura en los trabajadores para que refuercen la comunicación con sus supervisores e igualmente crear mecanismos de reporte que permitan informar a los niveles organizacionales pertinentes sobre hallazgos, cambios o condiciones que se evidencien durante las jornadas de trabajo diaria» (p. 1, 2).

Así mismo, el IChemE Safety Centre (2019) indica que «las organizaciones deberían considerar muy conscientemente los cambios que quieran implementar de cualquier naturaleza, incluido los cambios en la planta de personal, así mismo, deberían gestionar estos cambios considerando una transición para evitar impactar de forma abrupta a la organización y sus procesos internos. Por otro lado, es prudente en igual medida considerar el cambio de turno de los trabajadores y las medidas de control necesarias para mitigar el impacto que esto genera. La comunicación juega un papel preponderante y por ninguna razón se debería permitir que los trabajadores tomen decisiones unilaterales que tengan el potencial de impactar de forma directa al negocio» (p. 1, 2).

La organización debería elaborar e implementar un programa de gestion de cambios, el cual igualmente debería ser comunicado a los trabajadores que desempeñan posiciones críticas dentro del proceso.

El programa de gestion del cambio debería contener como mínimo: objetivos, alcance, recursos, consideraciones, criterios y aspectos claves del programa, procedimiento, indicadores de gestion, responsable, etc. El programa es susceptible de auditarse.

Los cambios deberían considerarse desde la óptica de los trabajadores, de activos, y del proceso y tecnólogicos. Antes de realizar un cambio en cualquiera de estos components se deberían considerar las repercusiones por medio de una identificación peligros y evaluación de los riesgos, con el fin de generar acciones que permitan gestionarlos oportunamente.

Los cambios propuestos en seguridad de procesos, cualquiera que sea su naturaleza deberían documentarse y someterse a niveles de aprobación por parte de la alta dirección o sus delgados a partir

de información lo suficientemente contundente, así mismo, una vez aprobados deberían comunicarse a los trabajadores que desempeñan las posiciones críticas y que se pueden ver afectados dentro del proceso.

Requisito 14, disponibilidad operacional

Tabla 17

Disponibilidad operacional

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
III. Gestión del riesgo						
14. Disponibilidad operacional: *El requisito busca garantizar que los procesos de parada de planta son verificados previamente al re-arranque. Por tanto, considera la puesta en marcha de cualquier tipo o condición de parada y tiene en cuenta el tiempo que el proceso estuvo parado. Algunos procesos pueden ser suspendidos temporalmente, mientras que otros pueden haber sido objeto de una larga parada debido a labores de mantenimiento o modificación, o pueden incluso haber estado suspendidos de su actividad durante un período prolongado. Otros procesos pueden haber sido parados por razones administrativas, tales como la falta de demanda de los productos; o por razones no relacionadas con la producción; o como medida de precaución, por ejemplo, a causa de condiciones naturales. Además de la duración de la parada, este requisito considera el tipo de trabajo que puede haber sido llevado a cabo en el proceso (por ejemplo, apertura de equipos o tuberías) con el fin de enfocar la revisión de la preparación antes de su puesta en marcha. Tener en cuenta como mínimo:*						
14.1 Mantener prácticas confiables						
Garantizar su implementación en forma consiste						
Determinar los tipos y factores críticos para la práctica de preparación						
Determinar el alcance de las revisiones de preparación						
Involucrar a personal competente						
Garantizar que las prácticas de preparación siguen siendo efectivas						
14.2 Conducir revisiones apropiadas de preparación cuando se necesiten						
Suministrar aportes adecuados						
Involucrar los recursos y los trabajadores adecuados						
Aplicar un proceso de trabajo adecuado						
Realizar las demandas del requisito de forma diligente						
Crear evidencias de cumplimiento del requisito						
14.3 Tomar decisiones de inicio basadas en los resultados de preparación						
Considerar los temas importantes que afectan la puesta en marcha						
Comunicar las decisiones y acciones de la revisión de preparación						
14.4 Seguir las decisiones, acciones y los resultados de la preparación						
Promulgar medidas de control de riesgo						
Actualizar el conocimiento en la seguridad del proceso y registrar						
Mantener evidencias de trabajo del requisito						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 25, 26

Según IChemE Safety Centre (2018) «los re-arranques representan una condición de alto riesgo de accidentes mayores en las plantas industriales, sustentado en las posibles fallas mecánicas que se pueden presentar (condición), así como, aspectos de tipo humano (actos). Al igual que los accidentes de seguridad industrial, los accidentes de proceso se generan por la combinación de condiciones sub-estándar y actos inseguros» (p. 1, 2).

Por otro lado, según Bridges (2018) «el análisis de los modos no rutinarios de operación, se realiza así: Defina las suposiciones acerca del estado inicial del sistema, Defina la intención de diseño completa para cada paso, No analice los pasos de salvaguarda que empiezan con asegurar, chequear, verificar, inspeccionar, etc. o donde la consecuencia de omitir es "la pérdida de un nivel de protección contra...", Junto con un operador ante la revisión, identifique las secciones del procedimiento que garantizan el uso de: 7 a 8 palabras guía, 2 palabras guía, en otros use What if, Descomponga cada paso escrito en una secuencia de acciones (verbos), y Aplique palabras guía a las intenciones de cada acción» (p. 9, 10).

La organización debería contar con los procedimientos de parada y re-arranque para los sistemas, procesos y equipos críticos, los cuales deberían ser comunicados a los trabajadores que desempeñan posiciones críticas dentro del proceso. Los procedimientos de parada y re-arranque deberían contener como mínimo: objetivos, alcance, recursos, consideraciones, criterios y aspectos claves de seguridad del proceso, indicadores de gestion, responsable, etc. Estos procedimientos son susceptibles de auditoria.

Las paradas de planta, así como, los re-arranques deberían considerarse a la luz de las condiciones peligrosas y los riesgos que estas conllevan, con el fin de determinar las acciones que permitan viabilizar las operaciones. Mientras las paradas de planta no hayan sido el resultado de situaciones de emergencia, deberían ser estudiadas y aprobadas con los niveles de rigor necesarios y con el involucramiento de la alta dirección y de personal experto.

Un proceso que ha sido suspendido y que posteriormente demanda un re-arranque debería mantenerse dentro de los protocolos de revisión periódica por parte del personal operativo y de mantenimiento, así mismo, debería garantizarse la aplicación de los procedimientos de trabajo seguro para garantizar las condiciones de aislamiento necesarias.

Al momento de unl re-arranque deberían considerarse protocolos estrictos de rehabilitación y desaislamiento.

A manera de ejemplo, se sugiere considerar la elaboración de una lista maestra de los sistemas, procesos y equipos vs los procedimientos de parada y re-arranque existentes.

Listado maestro de procedimientos de parada de seguridad y re-arranque					
No.	**Procedimiento**	**Fecha de emisión**	**Version vigente**	**Ubicación**	**Responsible de ejecución**

Fuente: Autor

Requisito 15, conducta en las operaciones

Tabla 18

Conducta en las operaciones

Requisito y evidencias de cumplimiento	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
III. Gestión del riesgo						
15. Ejecución de operaciones: *La conducción de las operaciones es la ejecución de las tareas operativas y de gestión de una manera espontánea y estructurada. A veces también se le llama "disciplina operacional" o "la formalidad de las operaciones", y está estrechamente ligada a la cultura de una organización. La conducción de las operaciones institucionaliza la búsqueda de la excelencia en el desempeño de todas las tareas y minimiza las variaciones en el desempeño. Se espera que los trabajadores en todos los niveles puedan llevar a cabo sus funciones en estado de alerta, en su debido pensamiento, conocimiento, buen juicio y sentido adecuado de orgullo y responsabilidad. Tener en cuenta como mínimo:*						
15.1 Mantener prácticas confiables						
Definir los roles y responsabilidades						
Establecer estándares de desempeño						
Validar la efectividad del programa						
15.2 Control de actividades operativas						
Seguir los procedimientos escritos						
Seguir prácticas seguras de trabajo						
Utilizar trabajadores calificados						
Asignar los recursos adecuados						
Formalizar las comunicaciones entre los trabajadores						
Formalizar las comunicaciones entre turnos						
Formalizar las comunicaciones entre grupos de trabajo						
Adherirse a los límites seguros de operación y las condiciones limitantes para la operación						
Controlar el acceso y el nivel de ocupación						
15.3 Control del estado de sistemas y equipos						
Formalizar el responsable de equipos/ activos y los protocolos de acceso						
Monitorear el estado de los equipos						
Mantener buenas condiciones de orden y limpieza						
Mantener el etiquetado						
Mantener la iluminación						
Mantener los instrumentos y herramientas						
15.4 Desarrollar las habilidades y comportamientos requeridos						
Hacer énfasis en la observación y la atención al detalle						
Promover una actitud de cuestionamiento/aprendizaje						
Capacitar a los trabajadores para reconocer los peligros						
Capacitar a los trabajadores para la autoevaluación y la evaluación de pares						
Establecer normas de conducta						
15.5 Monitorear el desempeño organizacional						
Mantener la rendición de cuentas						
Esforzarse por mejorar continuamente						
Mantener la aptitud para el deber						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Llevar a cabo inspecciones de campo						
Corregir las desviaciones de inmediato						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 26-28

Los trabajadores durante su jornada laboral deberían mantenerse alerta frente a diversas condiciones del proceso y en su sitio de trabajo, teniendo claro lo que debería hacer frente a las circuntancias no habituales.

Los trabajadores deberían saber y poder responder frente a cualquier situación fuera de la condición normal de operación, sin embargo, en caso que se salga de su alcance o su nivel de respuesta debería tener claro a quien notificar.

Los trabajadores deberían tener disponibles los procedimientos en su sitio de trabajo para su consulta frecuente, así mismo, debería conocer e interpretar correctamente dichos procedimientos de trabajo, al igual que su participación en el mismo.

Las áreas de trabajo y las del proceso deberían mantenerse en condiciones de orden y limpieza óptimo, así como, la identificación de los equipos y los niveles de iluminación en las áreas para realizar la toma de parámetros.

En la medida en que se cumpla los procedimientos de mantenimiento, calibración y verificación de instrumentos estos deberían mantenerse operativos y confiables para que cumplan su finalidad dentro del proceso.

Como parte de las rutinas de seguridad se deberían realizar inspecciones periódicas a las áreas del proceso con el fin de garantizar las condiciones óptimas de estas, así como, identificar oportunamente cualquier desviación que tenga el potencial de ocasionar liberaciones accidentales.

En caso de identificarse algun algún hallazgo o desviación se debería notificar inmediatamente a través de los medios establecidos por la organización, de igual manera es prioritario el seguimiento pertinente hasta garantizar su corrección.

Requsitos 16, gestión de emergencias

Tabla 19

Gestión de emergencias

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
III. Gestión del riesgo						
16. Gestión de emergencias: *La gestión de emergencias incluye (1) la planificación para respuesta ante posibles emergencias, (2) la provisión de recursos para ejecutar el plan, (3) practicar y mejorar continuamente el plan, (4) Entrenar o informar a los trabajadores, contratistas, vecinos y autoridades locales sobre qué hacer , cómo van a ser notificados, y cómo reportar una emergencia, y (5) la comunicación efectiva con las partes interesadas en caso de que ocurra un incidente. Tener en cuenta como mínimo:*						
16.1 Mantener prácticas confiables						
Desarrollar un programa escrito						
Designar un propietario y definir sus funciones y responsabilidades						
Definir el alcance del programa						
Involucrar a personal competente						
16.2 Prepararse para emergencias						
Identificar escenarios de accidentes basado en peligros						
Evaluar escenarios de accidentes creíbles						
Seleccionar los escenarios de planificación						
Planificar las acciones de respuesta defensivas						
Planificar las acciones de respuesta ofensivas						
Desarrollar planes de respuesta ante emergencia por escrito						
Proporcionar instalaciones físicas y equipos						
Mantener/Probar las facilidades y equipos						
Determinar cuando la respuesta del operador de la unidad es adecuada						
Capacitar a los miembros del Equipo de Respuesta a Emergencias (ERT)						
Planificar las comunicaciones						
Informar y entrenar a todos los trabajadores						
Revisar periódicamente los planes de respuesta ante emergencia						
16.3 Pobrar periódicamente la adecuación de planes y el nivel de preparación						
Llevar a cabo simulacros de respuesta y evacuación de emergencias						
Realizar ejercicios de mesa o escritorio						
Practicar las comunicación de crisis						
Evaluar los resultados de los ejercicios, simulacros y respuestas reales						
Llevar a cabo evaluaciones y auditorías						
Abordar conclusiones y recomendaciones						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 28, 29

Según Espinosa (2018), un modelo de gestión de emergencias consta de los siguiente pasos: «Identificación de peligros, Identificación niveles de emergencias, Organización Roles y Responsabilidades, Proveer recursos para la respuesta a emergencias, Desarrollo de planes de emergencias y Continuidad, Formación y Entrenamiento, Ejercicios de Emergencias, Auditorias y Lecciones Aprendidas y Oportunidades de Mejora» (p. 17).

Se deberían identificar las amenazas y escenarios posibles con el fin de determinar el nivel de vulnerabilidad que tiene la facilidad, y así como, definir acciones que contribuyan a su prevención, o en su defecto control y restablecimiento en el menor tiempo posible. Para ello se debería elaborar e implementar un plan de respuesta ante emergencias, el cual debería contemplar al menos el plan estratégico, el plan operativo y el plan informático. De acuerdo a los escenarios que se identifiquen se deberían definir acciones iniciales durante la emergencia para mitigar las consecuencias, reducer el impacto sobre el proceso y garantizar el restablecimiento de las operaciones.

Los planes de respesta ante emergencias deberían comunicarse a los trabajadores que desempeñan posiciones críticas dentro del proceso, así como, a los integrantes de las brigadas de respuesta. Para operativizar el plan se debería disponer de recursos personales, materiales y tecnológicos. Se debería disponer de brigadistas en todos los turnos de trabajo

Se debería garantizar el entrenamiento y formación a los grupos brigadistas, así como, el desarrollo de ejercicios frecuentes de escritorio y simulacros para poner a prueba los planes y el conocimiento de los brigadistas. Una vez desarrollados estos ejercicios, se debería realizar una evaluación acerca de los resultados obtenidos y las acciones de mejora que se identifiquen. Se debería contemplar la necesidad de disponer de un comando de incidents, especialmente si existenten plantas aledañas, comunidades, u otras partes interesadas que puedan resultar afectadas.

Se debería contar con medios de comunicación y notificación de emergencias, tales como sirenas, alarmas visuales, etc. que permitan activar opotunamente la respuesta ante una emergencia al interior de la planta.

Pilar 4, aprendizaje a partir de la experiencia

Requisito 17, investigación de incidentes

Tabla 20

Investigación de incidentes

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
IV. Aprendizaje a partir de la experiencia						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
17. Investigación de incidentes: *La investigación de incidentes es un proceso para el reporte, el seguimiento y la investigación de incidentes que incluye (1) un proceso formal para la investigación de incidentes, involucra el personal staff para realizar, documentar y hacer seguimiento a las investigaciones de incidentes de seguridad del procesos y (2) las tendencias de los datos de los incidentes y de la investigación de incidentes para identificar incidentes recurrentes. Este proceso también gestiona las acciones y documentación de las recomendaciones generadas por las investigaciones. Tener en cuenta como mínimo:*						
17.1 Mantener una notificación de incidentes confiable, así como, la realización de las investigaciones (Implementar consistentemente el programa en toda la empresa)						
Definir un alcance apropiado para el elemento investigación de incidentes						
Involucrar personal competente						
Monitorear las prácticas de investigación de incidentes para lograr la mayor efectividad						
17.2 Identificar los incidentes potenciales para investigarlos						
Garantizar que todos los incidentes son reportados						
Iniciar las investigaciones con prontitud						
17.2 Usar técnicas apropiadas para investigar incidentes						
Interfaz con el elemento de la gestión de emergencias						
Utilice métodos eficaces de recolección de datos						
Use técnicas adecuadas para el análisis de datos						
Investigar las causas a una profundidad apropiada para descubrir las causas raíz						
Exigir rigor técnico en el proceso de investigación						
Proporcionar personal de investigación con experiencia y herramientas adecuadas						
Desarrollar recomendaciones efectivas						
17.3 Documentar los resultados de investigaciones de incidents (Preparar los informes de investigación de incidents)						
17.4 Da seguimiento a los resultados de las investigaciones						
Resolver recomendaciones						
Comunicar los hallazgos internamente						
Comunicarlos hallazgos externamente						
Mantener registros de las investigaciones de incidentes						
17.5 Tendencia de datos para identificar la repetición de incidentes que garanticen la investigación						
Registrar todos los incidentes reportados						
Analizar las tendencias de incidentes						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 29-31

Según IChemE Safety Cenrtre (2018) «para prevenir accidentes ocasionados por descargas eléctricas, es imprescindible la disposición de aterrizaje de los equipos y su verificación. En algunos casos, de acuerdo al nivel de la tormenta, se deberán suspender las operaciones críticas, tales como trabajo en altura, trabajo con circuitos eléctricos, izaje de cargas, etc. Por otro lado, durante el retiro de dispositivos de seguridad, se deberá garantizar el etiquetado y candadeo (LOTO), así como, las pruebas positivas para garantizar el respectivo aislamiento. Finalmente, ante la duda o presencia de cambios es imprescindible la suspensión de los trabajos y la re-evaluación de los riesgos» (p. 1, 2).

La investigación de incidentes, debería considerarse a la luz de los requisitos que conforman el

sistema de gestión de seguridad de procesos, con el fin de identificar los que contribuyen a la ocurrencia de incidentes para así fortalecerlos a través de las acciones de mejora que se definan durante el proceso.

La organización debería elaborar e implementar un procedimiento para realizar la investigación de incidentes/accidentes, donde se especifique las técnicas o metodologías que se usarán para dicho proceso. El procedimiento debería estar conformado como mínimo por: objetivos, alcance, referencias, consideraciones y condionantes del proceso, paso a paso, particpantes y responsables.

La organización debería estimular el reporte de los incidentes, la generación de alertas de seguridad en el corto plazo, la realización de las investigaciones de los incidentes con el fin de generar planes de acción y lecciones por aprender, las cuales deberían ser divulgadas en todos los frentes de trabajo, con el fin de garantizar su aplicación.

Según Bridges (2018) las siguientes son «las barreras que contribuyen al no reporte de incidentes: Temor a acciones disciplinarias, Miedo a las burlas de los compañeros (vergüenza), Falta de entrenamiento de los constituye un casi-accidente vs un no-incidente, Falta de compromiso de la gerencian y falta de seguimiento una vez un casi-accidente es reportado, Se requiere un nivel de esfuerzo aparentemente alto para reportar e investigar casi-accidentes con respecto al bajo retorno de esta inversión, No hay manera para investigar los miles de cas-accidentes por mes o por año, Desestímulos para reportar casi-accidentes, No hay conocimiento acerca de cual metodología para investigación de accidentes usar, y La compañía desestima el reporte de casi-accidentes debido al temor de responsabilidad legal si estos son mal utilizados por personas externas» (p. 13-17).

La organización debería propender por monitorear la efectividad de la formación y capacitación realizada a los trabajadores, a la luz de los incidentes y accidentes ocurridos.

Se debería auditar la aplicación este requisito a partir de la implementación de los planes de acción, sus lecciones aprendidas y la intervención de las tendencias de accidentalidad análizadas.

Requisito 18, medición e indicadores

Tabla 21

Medición e indicadores

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
IV. Aprendizaje a partir de la experiencia						
18. Medición e indicadores: *El requisito métricas establece los indicadores de desempeño y eficiencia para monitorear la efectividad en tiempo casi real del sistema de gestión RBPS, sus requisitos constitutivos y las actividades de trabajo. Este requisito considera los indicadores a tener en cuenta, con qué frecuencia recopilar los datos, y qué hacer con la información para ayudar a garantizar el funcionamiento efectivo del sistema de gestión RBPS. A menudo la mejor manera de proporcionar una imagen completa de la efectividad del sistema de gestión de seguridad de procesos es una combinación de los indicadores predictivos y retrospectivos. La orientación con los resultados de los indicadores retrospectivos, tales como las tasas de incidentalidad, no son lo suficientemente sensibles y por tanto no son útiles para la mejora continua de los sistemas de gestión de seguridad de procesos porque algunos incidentes ocurren con muy poca frecuencia. El desempeño de la medición de la gestión de seguridad de procesos requiere el uso de indicadores predictivos, tales como la tasa de actividades de apertura de líneas realizadas de forma inadecuada. Tener en cuenta como mínimo:*						
18.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer una implementación consistente						
Determinar los factores desencadenantes para la recopilación y reporte de informes de indicadores						
Asegurar que el alcance de los indicadores es apropiado						
Involucrar personal competente						
Mantener prácticas de indicadores efectivas						
18.2 Conducta en la adquisición de indicadores						
Implementar los indicadores del requisito apropiados						
Recopilar y actualizar los indicadores						
Resumir y comunicar los indicadores en un formato útil						
18.3 Usar los indicadores para definir acciones correctivas al requisito						
Utilice los indicadores para mejorar los requisitos del RBPS						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 31, 32

Según Tanabe et al. (2019) «comprender los principios para la gestión de la seguridad del proceso en la fase de diseño y las medidas sensibles clave que afectan su desempeño, es el elemento clave para mejorar el desempeño de la gestión de la seguridad del proceso en la fase de diseño» (p. 546).

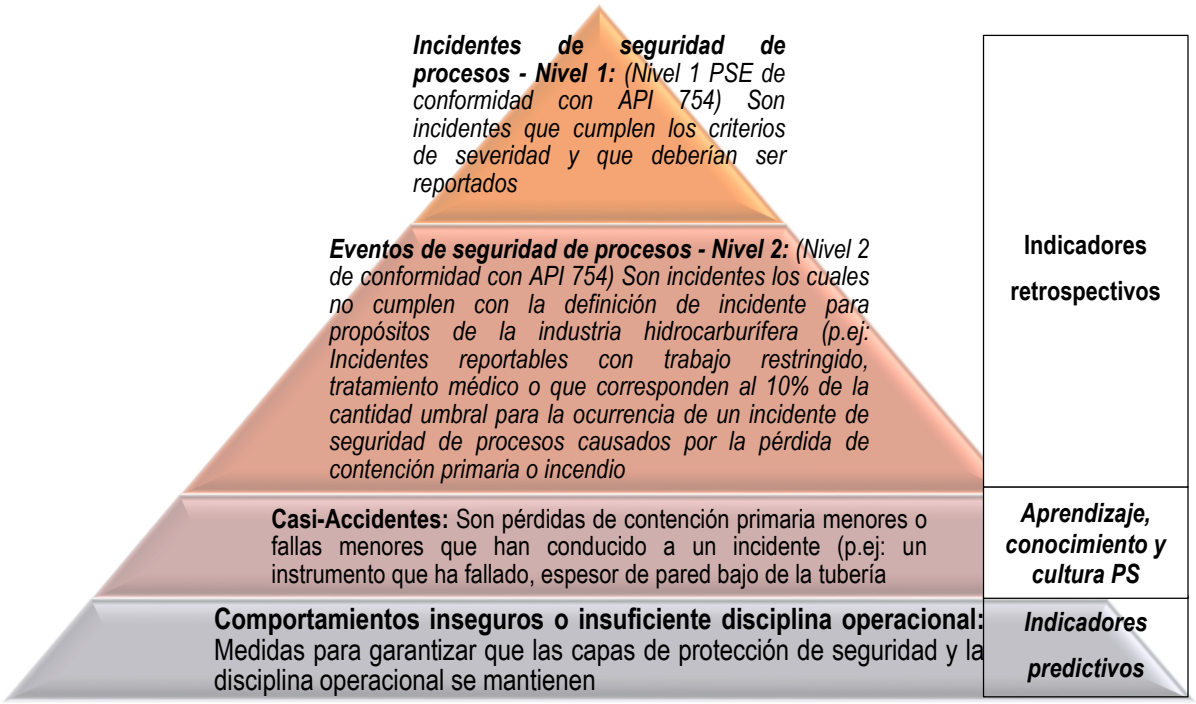
La organización debería establecer, implementar, mantener y monitorear periódicamente los indicadores del sistema de gestión de seguridad de procesos, así como, el de cada uno de los requisitos del sistema, con el fin de definir las acciones de mejora del sistema.

Según el Center for Chemical Process Safety (S.F.) «existen tres categorías de indicadores de gestión en seguridad de procesos: Los indicadores retrospectivos, que ofrecen una visión retrospectiva que se basa en los incidentes que alcanzan el umbral de severidad para ser reportados. Los retos para el sistema de seguridad, casi-accidentes y otros indicadores retrospectivos internos, incluyen incidentes

menos severos, por debajo del umbral establecido, o condiciones inseguras las cuales conllevan a que se active una o más capas de protección. Aunque estos son eventos reales son generalmente considerados como un buen indicador de condiciones las cuales pueden conllevar a eventos más severos, y los indicadores predictivos, ofrecen una visión predictiva que indica el desempeño de los procesos claves de trabajo, disciplina operacional, o capas de protección que previenen incidentes. Estos tres tipo de indicadores pueden ser considerados como medidas en diferentes niveles de la "piramide de seguridad" ilustrada en la Gráfica 11, aunque esta se divide en cuatro partes (incidentes de seguridad de procesos, otros incidentes, casi-accidentes y comportamientos inseguros/disciplina operacional insuficiente), es más fácil establecer indicadores en términos de las tres categorías descritas en la Gráfica 10. Es recomendable que todas las organizaciones incluyan estas tres categorias en su sistema de gestión de seguridad de procesos interno» (p. 4).

Gráfica 11

Indicadores recomendados por el CCPS



Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, S.F., p. 4

Requisito 19, Auditorías

Tabla 22

Auditorías

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
IV. Aprendizaje a partir de la experiencia						
19. Auditorías: *El requisito auditoría tiene por finalidad evaluar si los sistemas de gestión se están implementando según lo previsto. Complementa otras actividades de control y monitoreo del RBPS de otros requisitos tales como revisión por parte de la gerencia, indicadores y actividades de trabajo de inspección que son parte de los requisitos sobre integridad de activos y conducta operacional. El requisito de auditoría comprende un sistema para la programación, la dotación, la realización efectiva, y la documentación de las evaluaciones periódicas de todos los requisitos del RBPS, así como el suministro de sistemas para la gestión de hallazgos y las acciones correctivas generadas por las auditorías. Tener en cuenta como mínimo:*						
19.1 Mantener prácticas confiables						
Garantizar una implementación consistente						
Identificar cuando se requiere una auditoria						
19.2 Realizar actividades de trabajo del elemento						
Prepararse para la auditoría						
Determinar el alcance y el cronograma de la auditoría						
Armar el equipo						
Asignar responsabilidades						
Recopilar información avanzada						
Planear actividades en el sitio						
Llevar a cabo la auditoría						
Documentar la auditoría						
Abordar conclusiones y recomendaciones de la auditoría						
19.3 Utilizar Auditorías para la mejora de la efectividad RBPS						
Monitorear la maduración del RBPS en el tiempo para cada facilidad						
Compartir las mejores prácticas						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 32, 33

Según el IChemE Safety Centre (2021) «la realización de auditorías contribuye a la identificación oportuna de fallas en la aplicación de la gestión de los riesgos, sin embargo, si durante su proceso de realización no se le da la importancia a estos ejercicios, no se contribuirá con las identificación de hallazgos relevantes, por otro lado, si no se le da un tratamiento, seguimiento y gestión a los hallazgos identificados estos ejercicios perderán completamente su propósito. La realización de las auditorías planificadas, al igual que la dedicación necesaria para realizarlas, juega un papel importante dentro del proceso de mejora continua de la gestión. Adicionalmente, es importante garantizar la disposición de personal técnico que conozca el proceso dentro del equipo auditor» (p. 1, 2).

La organización debería conformar un equipo de auditores internos que permitan llevar a cabo esta clase de ejercicios al interior de la organización, con el fin de validad la conformidad de la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos.

La organización debería generar un programa anual de auditorías con el fin de comunicar oportunamente los objetivos, alcance, requisitos y criterios de auditoría a evaluar, los procesos que serán auditados, los recursos necesarios, etc. Complementariamente, se debería informar con antelación a los líderes de los procesos los pormenores de los planes de auditoría, y los resultados y hallazgos de la auditoría una vez estas son realizadas.

A manera de ejemplo el siguiente cuadro muestra el control consolidado de los hallazgos generados en las diversas actividades, incluida la auditoría, con el fin de facilitar su seguimiento y cierre.

Hallazgos del sistema de gestion de seguridad de procesos					
Item	***Descripción***	***Acción acordada***	***Acción desarrollada***	***Evidencia de cumplimiento***	***Responsable***

Fuente: Autor

Requisito 20, revisión de la gestión y mejoramiento continuo

Tabla 23

Revisión de la gestión y mejoramiento continuo

Requisito y evidencias de cumplimiento	***0***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
IV. Aprendizaje a partir de la experiencia						
20. Revisión de la gestión y mejoramiento continuo: La revisión de la gestión es la evaluación de rutina para ver si los sistemas de gestión se están realizando según lo previsto y producir los resultados deseados de la manera más eficientemente posible. Es la revisión de la gerencia la "debida diligencia" la cual pretende cerrar las brechas entre las actividades del día a día y las auditorías formales periódicas. La revisión de la gestión es similar a un doctor que realiza un examen físico de rutina aún cuando no hay signos evidentes de que la enfermedad está presente, las condiciones que amenazan la vida pueden estar en desarrollo y se tratan mejor de manera proactiva. La revisión de la gestión que realiza la gerencia tiene muchas de las características de una auditoría de primera parte. Requieren un sistema similar para programar, dotar de recursos y evaluar de manera efectiva todos los requisitos del RBPS y un sistema que permita establecer la implementación de cualquier plan de acciones correctivas y verificar su efectividad que mejoren la gestión. Tener en cuenta como mínimo:						
20.1 Mantener prácticas confiables						
Definir los roles y responsabilidades						
Establecer estándares de desempeño						
Validar la efectividad del programa						
20.2 Conducir actividades de revisión						
Prepararse para la revisión						
Determinar el alcance de la revisión						
Programar la revisión						
Recopilar información						
Preparar una presentación						
Llevar a cabo la revisión						
Documentar la revisión						
Abordar conclusiones y recomendaciones de las revisiones						
20.3 Monitorear el rendimiento de la organización						
Esforzarse por la mejora continua						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Llevar a cabo inspecciones sobre el terreno						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 32, 33

«Mejora continua con cultura y liderazgo permite mantener una planta segura y libre de accidentes catastróficos» (Díaz et. al, 2018, p. 9).

Al igual que las auditorías internas, la revisión del sistema de gestión por parte de la gerencia debería contribuir a la mejora continua del sistema de gestión de seguridad de procesos. Esta actividad debería apoyarse en un programa anual con el fin de comunicar oportunamente los objetivos, alcance, requisitos y criterios de auditoría a evaluar, los procesos que serán auditados, los recursos necesarios, etc. Igualmente, se debería informar con antelación a los líderes de los procesos los pormenores de los planes de la revisión realizada por la gerencia, y los resultados y hallazgos de estas una vez son realizadas.

A manera de ejemplo el siguiente cuadro muestra el control consolidado de los hallazgos generados en las diversas actividades, incluidas las revisiones por la gerencia, con el fin de facilitar su seguimiento y cierre.

Hallazgos del sistema de gestion de seguridad de procesos					
Item	*Descripción*	*Acción acordada*	*Acción desarrollada*	*Evidencia de cumplimiento*	*Responsable*

Fuente: Autor

Bibliografía

Aguado, N. & Díaz, I. (2018). Implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos PSM, basados en las directrices del CCPS (CCPS risk based process safety, RBPS 2007). (Artículo seminario ACIEM). 1-10. ABS Group Colombia S.A.S. https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-003%20TRA_COL_N_AGUADO_CIMGA2018.pdf

Aguirre, E. R. (2015). Análisis del riesgo de accidentes mayores con gas licuado de petróleo de tipo antropogénico en el terminal GLP Oyambaro de la empresa pública de hidrocarburos del Ecuador - E.P. Petroecuador. [Tesis de postgrado Universidad Tecnológica Equinoccial] http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/17981/62156_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Báez, P. A. (2016). Diseño de un Modelo de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en las Actividades de Perforación Offshore en Colombia. [Tesis de pregrado Fundación Universitaria de América] https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/567/1/3111375-2016-2-II.pdf

Bridges, W. G. & Thomas, J. (2018). Four major gaps that are preventing most companies worldwide from achieving excellent process safety performance. 18th AIChE Spring Meeting. 14th Global Congress on process Safety. 2-25. https://www.process-improvement-institute.com/_downloads/4_Gaps_in_PSM_-_FINAL.pdf

Buitrago, B. A., Rodríguez, L.G. & Herrera, E. J. (2021). Diseño del programa de gestión de seguridad de procesos bajo la norma OSHA 29 CFR 1910.119 para químicos altamente peligrosos en la industria de alimento. [Tesis de postgrado Universidad ECCI] https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/962/Dise%C3%B1o%20del%20programa%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20seguridad%20de%20procesos%20bajo%20la%20norma%20osha%2029%20cfr%201910.119%20para%20qu%C3%ADmicos%20altamente%20peligrosos%20en%20la%20industria%20de%20alimento.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cárdenas, S. (2019). Análisis cuantitativo de riesgos tecnológicos en el manejo de sustancias peligrosas a nivel empresarial en Santo. Domingo. [Universidad Central Martha Abreu de las Villas]. https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/11332/C%c3%a1rdenas%20Mart%c3%adnez%2c%20Saily.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Center for Chemical Process Safety. (2007). Guidelines for risk based process safety. 1 Ed. Editorial John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-16569-0.

Center for Chemical Process Safety. (2016). Guidelines for implementing process safety management. 2 Ed. Editorial John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-1-119-24376-2.

Center for Chemical Process Safety. (2016, junio) Guidelines for risk based process safety - A summary of risk as detailed in guidelines for rik based process (RBPS). https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/summaries/resumen_rbps_-espanol-_junio_2016.pdf

Center for Chemical Process Safety. (S.F.) Guidelines for risk based process safety - A summary of risk as detailed in guidelines for rik based process (RBPS). https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/summaries/rbps_summary_long.pdf

Center for Chemical Process Safety. (S.F.). Process safety leading indicators industry survey. American Institute of Chemical Engineers. 1-61. https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/pages/leading-indicator-survey_0.pdf

Congreso de la Repúbica. (1996, 20 de septiembre). Ley 320 de 1996. Diario oficial No. 48885. https://www.ins.gov.co/Normatividad/Leyes/LEY%200320%20DE%201996%20CONV.%20174.pdf

Congreso de la República. (2012, 24 de abril). Ley 1523 de 2012. Diario oficial No. 48411. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1523_2012.html

Congreso de la República. (2012, 11 de julio). Ley 1562 de 2012. Diario oficial No. 48488. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1562_2012.html

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2016, 5 de octubre). CONPES 3868 - Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas. Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3868.pdf

Consuegra, J. M. (2017). Guía para la gestión de los riesgos tecnológicos para las empresas adherentes al proceso APELL del D.E.I.P Barranquilla. Universidad del Atlántico. Prospectiva, Volumen 15. No. 2. 96-106. https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.1143

Energy Institute. (2010). High level framework for process safety management. 1Ed. Published by Energy Institute. https://publishing.energyinst.org/pdftools/test-tool-for-tps?productids=17025&useremail=&userfolder=7&watermarkassetid=301323

Espinosa, F. R. (2018). Modelo de gestión de emergencias mayores en la industria del gas y petróleo en el Ecuador. [Tesis de postgrado Universidad Internacional SEK]

https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2844/1/Modelo%20de%20Gesti%c3%b3n%20de%20Emergencias%20en%20la%20Industria%20del%20Gas%20y%20Petr%c3%b3leo.pdf

Hendershot, D. (2012). Inherently safer desing: the fundamentals. Center for Chemical Process Safety. 1-3(1) https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20120140-1.pdf

Ibarra, H. E. (2016). Metodología de análisis cuantitativo de riesgo incluyendo el efecto dominó. [Tesis de maestría Universidad Central Martha Abreu de las Villas] https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7478/Eusebio%20Vladimir%20Ibarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y

IChemE Safety Centre. (2018). Lecciones aprendidas de incidentes durante operaciones de arranque. 1 Ed 2018. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/1109/isc-safety-lore_issue-no1_esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2018). Lecciones aprendidas de incidentes durante mantenimiento de tanques de almacenamiento atmosféricos. 2 Ed 2018. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/1111/isc-safety-lore_issue-no2-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2018). Lecciones aprendidas de incidentes en sistemas de alivio y venteo. 3 Ed 2018. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/4812/isc-safety-lore_issue-no3-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2018). Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con envejecimiento de activos. 4 Ed 2018. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/8624/isc-safety-lore_issue-no4-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2019). Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con amontonamiento de cambios. 5 Ed 2019. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/11054/isc-safety-lore_issue-no5-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2019). Lecciones aprendidas de incidentes con bridas. 6 Ed 2019. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/12000/isc-safety-lore_issue-no6-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2019). Lecciones aprendidas de accidentes de transporte. 7 Ed 2019. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/12536/isc-safety-lore_issue-no7-es.pdf

IChemE Safety Centre. (2019). Lecciones claves de incidentes relacionados con entregas de turnos/cambios de guardia. 8 Ed 2019. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/13469/isc-safety-lore_issue-no8-spanish.pdf

IChemE Safety Centre. (2020). Lecciones claves de incidentes relacionados con permisos de trabajo. 9 Ed 2020. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/13644/isc-safety-lore_issue-no9-spanish.pdf

IChemE Safety Centre. (2020). Lecciones claves de incidentes relacionados con el manejo de alarmas. 10 Ed 2020. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/15051/isc-safety-lore_issue-no10-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2020). Lecciones clave de incidentes relacionados con fertilizantes de nitrato de amonio. 11 Ed 2020. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/14925/isc-safety-lore_issue-no11-esp.pdf

IChemE Safety Centre. (2020). Lecciones aprendidas de explosiones de metano en minas de carbón. 12 Ed 2020. 1, 2. IChemE. https://94f04d24-e590-4d79-ac59-6a87ae5c1353.filesusr.com/ugd/91b8b3_8e20191d024046baa774585cd67dbd49.pdf

IChemE Safety Centre. (2021). Key lessons from incidents related to audits. 13 Ed 2021. 1, 2. IChemE. https://www.icheme.org/media/15623/isc-safety-lore-no-13.pdf

Instituto de Estudios Superiores de Administración. (2013, 25 de noviembre). Explosión en Amuay: ¿Qué ocurrió?. IESA. (1) (Artículo web). http://www.iesa.edu.ve/profesores-e-investigacion/2013-noviembre-25/1761=explosion-en-amuay-que-ocurrio

International Electrotechnical Commission. (2019, junio). IEC 31010 Risk management – Risk assessment techniques. Edition 2,0. ISBN 978-2-8322-6989-3

Kamila, F. (2016). Determination of safety integrity level by using layer of protection analysis method on floating regasification unit. [Tesis de pregrado Institut Teknologi Sepuluh Nopember]

Lacayo, J. L & Ortiz, J. (2015). Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena Caso (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena). [Tesis de maestría Universidad Tecnológica de Bolívar] https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068842.pdf

Machuca, C. (2017, 29 de junio). Seguridad de procesos basado en riesgos – base conceptual. LinkedIn. (4) (Perfil personal). https://www.linkedin.com/pulse/seguridad-de-los-procesos-basado-en-riesgo-carlos-machuca

Mascaro, C. (2020, 5 de diciembre). Curso - HAZID HAZOP en Hidrocarburos, Minería, Química y Petroquímica. Presentación Memorias Lección 1, 2(4), 3(16).

Marsh JLT Specialty. (2020, 20 de marzo). 100 largest losses in the hydrocarbon industry 1974-2019. 26 Ed. Marsh Limited. 281215. 31. https://s.dzub.pl/69d75786

Mascaro, C. (2020, 5 de diciembre). Curso - HAZID HAZOP en Hidrocarburos, Minería, Química y Petroquímica. Presentación Memorias Lección 1, 2(4), 3(16).

Ministerio del Interior. (1999, 17 de febrero). Decreto 321 de 1999. Diario oficial No. 43507. https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/25-dec_0321_1999.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2020, 7 de octubre). Resolución 4 0295 de 2020. https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24215300/Resoluci%C3%B3n_Criterios+t%C3%A9cnicos+proyectos+exploraci%C3%B3n+y+explotaci%C3%B3n+hidrocarburos+costa.pdf/6182807a-e7d6-4be7-8d0b-b8d8d3471a33

Ministerio del Trabajo. (2015, 26 de mayo). Libro 2, Parte 2, Título 4, Capítulo 6 - Decreto 1072 de 2015 Sector Trabajo. Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Diario oficial No. 49523. https://funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173

Ministerio del Trabajo. (2019, 13 de febrero). Resolución 0312 de 2019. https://id.presidencia.gov.co/Documents/190219_Resolucion0312EstandaresMinimosSeguridadSalud.pdf

Ministerio del Trabajo. (2019, 21 de mayo). MinTrabajo impulsa con proyecto decreto el Programa de Prevención de Accidentes Mayores (PPAM). https://incp.org.co/mintrabajo-impulsa-proyecto-decreto-programa-prevencion-accidentes-mayores-ppam/

Ministerio del Trabajo. (2019, 21 de mayo). Proyecto de decreto PPAM. 1-20. https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/proyecto-decreto-accidentes.pdf

Molina, C. (2019, 13 de junio). Los retos de Colombia para el programa de prevención de accidentes mayores. 1, 2, 3, 4, 5. http://salvaintegrita.com/los-retos-de-colombia-para-el-programa-de-prevencion-de-accidentes-mayores

Molina, C. (S.F.). Continuidad del negocio. 1, 3, 4, 7, 8. http://salvaintegrita.com/continuidad-del-negocio

Mrugalska, B., Nazir, S., Tytyk, E. & Ivar K. (2016, junio). Human error and response to alarms in process safety. Dyna. Vol. 83. No. 197. 81-86. Universidad Nacional de Colombia. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49645986011

Organización Internacional de Normalización. (2015, 15 de septiembre). Norma internacional ISO 9001 Sistema de gestión de la calidad – Requisitos. 5 Ed. Secretaría Central de ISO.

Organización Internacional de Normalización. (2015, 15 de septiembre). Norma internacional ISO 14001 Sistema de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso. 3 Ed. Secretaría Central de ISO.

Organización Internacional de Normalización. (2018, febrero). Norma internacional ISO 31000 Gestión del riesgo – Directrices. 2 Ed. Secretaría Central de ISO.

Organización Internacional de Normalización. (2018, marzo). Norma internacional ISO 45001 Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo - Requisitos con orientación para su uso. 1 Ed. Secretaría Central de ISO.

Organización Internacional del Trabajo. (1990). Control de riesgos de accidentes mayores - Manual práctico - Contribución de la OIT al programa PNUMA/OIT/OMS de seguridad en las sustancias químicas (IPCS). 1 Ed. Oficina Internacional del Trabajo. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/instructionalmaterial/wcms_235688.pdf

Pacific Rubiales Enegy. (2016). Presentación sobre el sistema de gestión integrado. Gerencia de HSEQ. 5.

Presidencia de la República. (2016, 24 de febrero). Decreto 308 de 2016. Diario oficial No. 49796. http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30022853

Presidencia de la República. (2017, 20 de diciembre). Decreto 2157 de 2017. Diario oficial No. 50453. http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30034367

Rahman, F., Mohd, A. & Zaini, D. (2019, 15 de diciembre). Stakeholder outreach on process safety for process industry using risk based approaches. Universiti Teknologi. Process Safety Progress. Wiley Periodicals, Inc. 1-8. American Institute of Chemical Engineers. https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/prs.12130?src=getftr

Ray, U. (2011). Fundamentals of petroleum and petrochemical engineering. 1Ed. Editorial Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4398-5160-9.

Sarmiento, B. J. (2019). Tesis: Propuesta Metodológica para el Diagnóstico y Evaluación de Sistemas de Seguridad de Procesos Incluyendo Principios Verdes. [Tesis de maestría Universidad EAN] https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9676/SarmientoJorge2019?sequence=1&isAllowed=y

Tanabe, M. & Miyake, A. (2019, 19 de diciembre). Effective KPI setting to process safety management system in design phase for oil and gas plant projects. Chemical Engineering Transactions. Vol. 77. 541-546. Italian Association of Chemical Engineering. https://www.aidic.it/cet/19/77/091.pdf

U. S. Occupational Safety and Health Administration. (2000). OSHA 3132 Process safety management. https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3132.pdf

Anexos

Anexo A

Materiales Inflamables (Petróleo) Volumen en Barriles (Bbls)

La reglamentación 29 CFR OSHA 1910.119 sobre Gestión de la Seguridad de Procesos (PSM) de la US OSHA establece que esta normativa aplica para instalaciones que contienen materiales inflamables a partir de 10.000 Lb (U. S. Occupational Safety and Health Administration, 2000, p. 5), en consecuencia, el cálculo de los volúmenes a 60 °F para petróleos partiendo del valor de la gravedad API de estos se relaciona en la siguiente tabla.

Masa (Lb):	**ρ_W (LPG):**
10.000,0	**8,33**
1 Bbl (Gal):	**γ_W:**
42,0	**1,000000**

°API @ 60 °F	*γ_O*	*ρ_O (LPG)*	*Masa (Lb)*	*V_O (Gal) @ 60 °F*	*V_O (Bbls) @ 60 °F*
10,0	*1,000000*	*8,330000*	*10.000,0*	*1200,480192*	*28,582862*
11,0	*0,992982*	*8,271544*	*10.000,0*	*1208,964151*	*28,784861*
12,0	*0,986063*	*8,213902*	*10.000,0*	*1217,448110*	*28,986860*
13,0	*0,979239*	*8,157059*	*10.000,0*	*1225,932069*	*29,188859*
14,0	*0,972509*	*8,100997*	*10.000,0*	*1234,416028*	*29,390858*
15,0	*0,965870*	*8,045700*	*10.000,0*	*1242,899987*	*29,592857*
16,0	*0,959322*	*7,991153*	*10.000,0*	*1251,383946*	*29,794856*
17,0	*0,952862*	*7,937340*	*10.000,0*	*1259,867905*	*29,996855*
18,0	*0,946488*	*7,884247*	*10.000,0*	*1268,351864*	*30,198854*
19,0	*0,940199*	*7,831860*	*10.000,0*	*1276,835823*	*30,400853*
20,0	*0,933993*	*7,780165*	*10.000,0*	*1285,319782*	*30,602852*
21,0	*0,927869*	*7,729148*	*10.000,0*	*1293,803741*	*30,804851*
22,0	*0,921824*	*7,678795*	*10.000,0*	*1302,287700*	*31,006850*
23,0	*0,915858*	*7,629094*	*10.000,0*	*1310,771658*	*31,208849*
24,0	*0,909968*	*7,580032*	*10.000,0*	*1319,255617*	*31,410848*
25,0	*0,904153*	*7,531597*	*10.000,0*	*1327,739576*	*31,612847*
26,0	*0,898413*	*7,483778*	*10.000,0*	*1336,223535*	*31,814846*
27,0	*0,892744*	*7,436562*	*10.000,0*	*1344,707494*	*32,016845*
28,0	*0,887147*	*7,389937*	*10.000,0*	*1353,191453*	*32,218844*
29,0	*0,881620*	*7,343894*	*10.000,0*	*1361,675412*	*32,420843*
30,0	*0,876161*	*7,298421*	*10.000,0*	*1370,159371*	*32,622842*
31,0	*0,870769*	*7,253508*	*10.000,0*	*1378,643330*	*32,824841*
32,0	*0,865443*	*7,209144*	*10.000,0*	*1387,127289*	*33,026840*
33,0	*0,860182*	*7,165319*	*10.000,0*	*1395,611248*	*33,228839*
34,0	*0,854985*	*7,122024*	*10.000,0*	*1404,095207*	*33,430838*

Masa (Lb):	ρW (LPG):
10.000,0	8,33

1 Bbl (Gal):	γW:
42,0	1,000000

°API @ 60 °F	γO	ρO (LPG)	Masa (Lb)	VO (Gal) @ 60 °F	VO (Bbls) @ 60 °F
35,0	0,849850	7,079249	10.000,0	1412,579166	33,632837
36,0	0,844776	7,036985	10.000,0	1421,063125	33,834836
37,0	0,839763	6,995223	10.000,0	1429,547084	34,036835
38,0	0,834808	6,953953	10.000,0	1438,031043	34,238834
39,0	0,829912	6,913167	10.000,0	1446,515002	34,440833
40,0	0,825073	6,872857	10.000,0	1454,998961	34,642832
41,0	0,820290	6,833014	10.000,0	1463,482920	34,844831
42,0	0,815562	6,793631	10.000,0	1471,966879	35,046830
43,0	0,810888	6,754699	10.000,0	1480,450838	35,248829
44,0	0,806268	6,716211	10.000,0	1488,934797	35,450828
45,0	0,801700	6,678159	10.000,0	1497,418755	35,652828
46,0	0,797183	6,640535	10.000,0	1505,902714	35,854827
47,0	0,792717	6,603333	10.000,0	1514,386673	36,056826
48,0	0,788301	6,566546	10.000,0	1522,870632	36,258825
49,0	0,783934	6,530166	10.000,0	1531,354591	36,460824
50,0	0,779614	6,494187	10.000,0	1539,838550	36,662823

Fuente: Autor

Donde:

ρ_W (LPG): Densidad del Referente Universal (Agua) en Libras por Galón (LPG)

γ_W: Gravedad Específica del Referente Universal (Agua)

°API @ 60 °F: Gravedad API del Petróleo a 60 °F

γ_O: Gravedad Específica del Petróleo

ρ_O (LPG): Densidad del Petróleo en Libras por Galón (LPG)

Masa (Lb): Masa en Libras (Lb)

V_O (Gal) @ 60 °F: Volumen del Petróleo a 60 °F en Galones (Gal)

V_O (Bbls) @ 60 °F: Volumen del Petróleo a 60 °F en Barriles (Bbls)

Anexo B

Términos y Conceptos de uso Común en la Seguridad de Procesos Basada en Riesgos Conforme al Centro para la Seguridad de Procesos Químicos

Los conceptos relacionados a continuación, en su gran mayoría, se fundamentan en el RBPS (Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 16-40), mientras no se especifique una cita diferente al pie de cada término.

Accidente: Un evento no planificado, o secuencia de eventos, que generan consecuencias no deseadas sobre los trabajadores, el medio ambiente, los activos o las comunidades. Para nuestro caso particular, estas consecuencias pueden estar asociadas con explosión, incendio, reactividad, liberación de energía, intoxicación, etc, que genera la liberación accidental de sustancias químicas altamente peligrosas.

Aceptabilidad al Riesgo: Es el nivel máximo de riesgo de un proceso técnico en particular o actividad que un trabajador o la organización aceptan para permitir el desarrollo de una actividad o un proceso.

Análisis de Consecuencias: Es el análisis de los efectos potenciales que puede conllevar la pérdida de control de un evento de proceso, independientemente de la frecuencia o probabilidad que este se presente.

Análisis Costo-Beneficio: Es un indicador que permite comparar la reducción de los riesgos de proceso frente al costo de cada una de las medidas de intervención propuestas, permitiendo de esta forma seleccionar la mejor alternativa.

Análisis de Peligros de Proceso: O “PHA” es un esfuerzo organizado para identificar y evaluar peligros asociados con los procesos y operaciones para habilitar sus controles.

Área de Proceso: Un área que contiene equipos que hacen parte de un proceso o almacena materiales que potencialmente pueden ocasionar una explosión, fuego o liberación de materiales tóxicos.

Auditoría de Seguridad de Procesos: Es un proceso sistemático, que realiza un equipo o parte de este de forma independiente e imparcial con el fin de identificar evidencias que permitan establecer el grado de cumplimiento o conformidad con respecto a la legislación, una norma sobre seguridad de procesos o un elemento de cualquiera estas, conocida como “criterio de auditoria”.

Casi-Accidente: O “Near Miss” es un evento que bajo condiciones ligeramente diferentes, tiene el potencial de causar daño a las personas, al medio ambiente, a los activos, al proceso o a la comunidad en general.

Catastrófico: Es la pérdida o pérdidas ocasionadas por los accidentes de seguridad de procesos y que generan consecuencias mayores.

Confiabilidad del Equipo: Es la probabilidad de que el equipo de proceso desempeñe sus funciones adecuadamente dentro de un periodo de tiempo específico, mientras se mantengan condiciones ambientalmente estables.

Consecuencia: Son los efectos directos y no deseados que se generan por un accidente de proceso, los cuales usualmente incluyen fuego, explosión o liberación de materiales tóxicos. Estas consecuencias, pueden estimarse mediante las metodologías existentes de forma cualitativa o cuantitativa.

Controles: Son el conjunto de medidas de intervención de los peligros presentes en una actividad o un proceso, con el fin de llevar los riesgos a niveles aceptables por parte de la organización.

Cultura Organizacional: Conjunto de valores, comportamientos y normas aplicables a todos los niveles jerárquicos de la organización que afectan la operación de una facilidad.

Disciplina Operacional: Consiste en la realización de las tareas de forma correcta todo el tiempo. Los trabajadores demuestran su compromiso con la seguridad de proceso por medio de la Disciplina Operacional.

Equipo Crítico de Procesos: Son la serie de Equipos, Instrumentación, Controles, Alarmas o Sistemas, los cuales al presentar una falla pueden contribuir a la liberación accidental de una sustancia química altamente peligrosa y su consecuente evento catastrófico.

Desviación de Proceso: Es una condición del proceso que se encuentra fuera de los límites de diseño del proceso, de los límites de seguridad del proceso o inclusive fuera de control del procedimiento establecido.

Diagramas de Flujo de Proceso: Diagrama que representa el flujo de materiales desde una parte de un equipo hacia otra parte del proceso. Usualmente provee información acerca de presión, temperatura, composición y rata de flujo de cada una de las corrientes.

Diagramas de Tubería e Instrumentación: O “P&ID´s” es un diagrama que muestra detalladamente las características y disposición de tuberías, instrumentación y vasijas de un proceso.

Efectividad: Es la combinación del desempeño alcanzado en seguridad de procesos y la eficiencia del sistema de gestión de seguridad procesos. Un programa de seguridad de procesos efectivo produce los resultados requeridos con suficiente calidad (eficaz) y el uso mínimo de recursos (eficiencia).

Eventos de Pérdida de Contención Primaria: Eventos de liberación no planeada o no controlada de productos peligrosos fuera de su contención primaria (por ejemplo: tanque, contenedor, línea u otro equipo proyectado para servir como primera contención del material), aunque esa liberación esté direccionada a instalaciones proyectadas para servir como contención secundaria (por ejemplo: cuneta de contención, diques, etc.) (Machuca, 2017, 4)

Evento Inicial: Es la combinación mínima de fallas y errores que al presentarse dan inicio a una secuencia de incidentes.

Facilidad: Es la ubicación física donde se llevan a cabo las actividades del sistema de gestión.

Factores Humanos: Una disciplina relacionada con el diseño de maquinaria, operaciones y ambientes de trabajo que son acordes a las capacidades, limitaciones y necesidades humanas.

Falla: Es la diferencia "no aceptable" que se presenta entre el desempeño esperado y el desempeño observado.

Gestión de Seguridad de Proceso: O "PSM" es un sistema de administración que está focalizado en prevenir de, preparar para, mitigar de, responder a, y restaurar de liberaciones catastróficas de químicos o energía de un proceso asociado con una facilidad.

Gravedad API: Es una propiedad derivada de la gravedad específica del petróleo, la cual fue desarrollada por el Instituto Americano del Petróleo (API) y se expresa en los siguientes términos:

$^{o}API = (141,5/ \gamma_O) – 131,5$; donde "$\gamma_O$" es la gravedad específica del petróleo medida con respecto al agua (como referente universal), ambas a 60 °F (15,5 °C). Generalmente el petróleo es menos denso que el agua, en consecuencia, la gravedad API es siempre mayor a 10 (Ray, 2011, p. 6). Ver el Anexo A, donde se relaciona el cálculo de los volúmenes a 60 °F para petróleos, a partir del valor de la gravedad API.

Indicadores Proactivos: O "Leading Indicators" son los indicadores que soportan la gestión de seguridad del proceso, y tienen la capacidad de predecir el desempeño. Por ejemplo: Grado de Implementación del Sistema de Gestión, Grado de cumplimiento de la política y los procedimientos, etc.

Identificación de Peligros y Análisis de Riesgos: Todas las actividades involucradas en la identificación de peligros y evaluación de riesgos de las facilidades, a través de su ciclo de vida, con el fin de controlar los riesgos dentro de los términos de tolerabilidad de la organización.

Indicadores Reactivos: O "Lagging Indicators" son los indicadores que muestran el desempeño pasado u ocurrido de la gestión de seguridad de procesos realizada. Por ejemplo: Tasa de accidentalidad, Defectos de calidad, etc.

Incertidumbre: Una medida, frecuentemente cuantitativa, del grado de desconocimiento o falta de certeza asociada con la estimación del valor verdadero de un parámetro.

Inflamable: Material gaseoso que arde y produce llama en presencia de oxígeno y una fuente de ignición. Se incluyen igualmente los vapores que producen de líquidos inflamables y líquidos combustibles, por encima de su punto de chispa. Para efectos del presente trabajo, en el Anexo B se relacionan los Materiales Inflamables (Petróleo) y su Volumen en Barriles (Bbls) a los cuales les aplica el sistema de

gestión de seguridad de procesos de acuerdo con la reglamentación 29 CFR OSHA 1910.119.

Inspección Basada en Riesgos: Un proceso de evaluación y administración de riesgos que se enfoca en determinar la pérdida de contención de equipos presurizados en facilidades de proceso a causa del deterioro de estos. Estos riesgos se administran como primera medida a partir de la inspección de los equipos.

Inspección, Prueba y Mantenimiento Preventivo: Actividades programadas de mantenimiento proactivo, que buscan principalmente: 1. Evaluar la condición actual y/o estado de deterioro de los equipos, 2. Probar la operatividad y funcionalidad de los equipos, y, 3. Prevenir la falla de los equipos.

Instructivos Operacionales: Una serie de acciones secuenciales que describen como operar un equipo.

Investigación de Incidentes: Es un enfoque sistemático para determinar las causas de un incidente y generar recomendaciones que permitan gestionar las causas y de esta forma prevenir o mitigar futuros eventos de similar naturaleza.

Liberación Accidental: Pérdidas de contención sin ningún tipo control que puede presentar una sustancia química altamente peligrosa.

Límites Operacionales: Los valores o rango de valores dentro de los cuales se debería mantener normalmente los parámetros de proceso cuando operan. Estos valores usualmente están relacionados con la preservación de la calidad de los productos o la operación eficiente de los procesos, sin embargo, también se pueden incluir los límites seguros del proceso (superiores e inferiores) u otros que se consideren importantes.

Límites Operativos Seguros: Límites establecidos por los parámetros críticos del proceso, tales como temperatura, presión, nivel, flujo o concentración, con base a una combinación de los límites de diseño de los equipos y la dinámica del proceso.

Límites Seguros (Superiores e Inferiores): Se refiere a los límites de diseño de los equipos. Algunas veces a estos valores se les denomina como límites de diseño, por ejemplo: la presión de diseño, la temperatura de diseño, etc.

Líquido Combustible: Material que al mezclarse con el Oxígeno en las proporciones estequiométricas o de masa requeridas, y en presencia de una chispa o alguna manifestación de energía calórica, tiene el potencial de arder, producir llama y liberar energía calórica.

Lista de Chequeo: Relación de elementos verificables que se deben cumplir a cabalidad previo a la realización de una actividad particular.

Materiales Incompatibles: Es la reacción química indeseada de sustancias que se mezclan o combinan.

Matriz de Riesgos: Forma tabulada de expresar criterios de tolerancia al riesgo. Involucra escalas de probabilidad y consecuencias, donde cada celda representa un nivel de riesgo particular (Mascaro, 2020, 6).

Mejoramientos Continuo: Es la realización cada vez mejor de las actividades y procesos como resultado del esfuerzo regular, consistente y mantenido, el cual produce el mejoramiento positivo del desempeño, la eficiencia o ambos.

Metodología: La combinación de dos o más herramientas de investigación de incidentes para analizar la evidencia y determinar las causas raíz de los incidentes.

Mitigar: Reducir el impacto de la pérdida de los incidentes.

Operador: Trabajador responsable por monitorear, controlar y realizar las tareas necesarias para dar cumplimiento con las actividades productivas de un sistema.

Parte Interesada: Individuos, entidades u organizaciones que pueden o creen ser afectados por la operación de una facilidad, también se incluye a quienes hacen parte de la operación o monitoreo de la facilidad.

Peligro: Dentro del contexto del presente trabajo, hace referencia a una característica física o química implícita que tiene el potencial de causar daño a los trabajadores, al ambiente, los activos o a la comunidad.

Peligro de Reactividad Química: Reacción sin control que se presenta de forma espontánea al mezclarse dos o más materiales de forma motivada o accidental. La mezcla de estos materiales tiene el potencial de generar el incremento súbito de la temperatura, incremento de la presión, u otro tipo de manifestación de energía y sus consecuentes daños.

Peligro Tóxico: Es una medida del peligro que se genera hacia los organismos vivos por parte de un agente tóxico, contempla también el medio a través del cual ingresa a los organismos vivos.

Prácticas de Trabajo Segura: Es el conjunto de políticas, procedimientos, permisos de trabajo, y otros sistemas, los cuales son diseñados para administrar los riesgos asociados con las actividades no rutinarias, tales como, actividades de trabajo en caliente, apertura de vasijas de proceso o tuberías, o ingreso a espacios confinados, etc.

Prevención: El proceso por medio del cual se eliminan o previenen los peligros y riesgos asociados a una actividad particular.

Procedimientos Operacionales Escritos: Son las instrucciones, paso a paso e información necesaria para operar un equipo las cuales se compilan en un documento escrito, que incluye además las instrucciones

operacionales, descripción del proceso, límites operacionales, peligros químicos y requerimientos de seguridad de los equipos.

Proceso: Término amplio que incluye los equipos y la tecnología necesaria para la producción petroquímica, incluyendo reactores, tanques, tuberías, calderas, torres de enfriamiento, sistemas intercambiadores, etc.

Químico Altamente Peligroso: Todo material tóxico, reactivo o inflamable que es capaz de causar un incidente de seguridad de procesos, si este es liberado. Estos materiales se relacionan en la Lista de Materiales Altamente Peligrosos de la regulación 29 CFR OSHA 1910.119 y relacionadas en el Anexo A Lista de Químicos Altamente Peligrosos, Tóxicos y Reactivos, así como, en el Anexo B Materiales Inflamables (Petróleo) Volumen en Barriles (Bbls).

Químico Peligroso: Todo material tóxico, reactivo o inflamable que es capaz de causar un incidente de seguridad de procesos, si este es liberado. También se utiliza el término Material Peligroso.

Reactividad: La tendencia relativa de una sustancia a someterse a una reacción química.

Riesgo Aceptable: Riesgo residual que se produce una vez se han tomado las medidas de intervención de los peligros del proceso, y que resulta tolerable para la actividad, para el proceso y para la organización.

Seguridad de Procesos Basada en Riesgos: O “RBPS” es el enfoque de la gestión de seguridad de procesos propuesto por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS), que usa estrategias y tácticas de implementación con base en riesgos, las cuales son confrontadas con las necesidades que se identifican con el fin de generar las actividades de seguridad, disponer recursos y propender por mejorar la cultura de seguridad de procesos existente para diseñar, corregir y mejorar las actividades de la gestión de procesos. El enfoque basado en riesgos reconoce que todos los peligros y riesgos no son iguales, por lo tanto, la distribución de los recursos se realiza prioritariamente para el control de los peligros más significativos y riesgos más críticos.

Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos: Conjunto de políticas, procedimientos y prácticas, diseñadas para garantizar que las barreras para prevenir eventos catastróficos se encuentran disponibles, son usadas e igualmente efectivas.

Severidad: Corresponde a las máximas consecuencias o efectos posibles, considerando que no ha sido implementada ninguna medida de seguridad.

Sistema Instrumentado de Seguridad: O “SIS” corresponde a la instrumentación, lazos de control e interlocks dispuestos para la operación segura de los procesos.

Shutdown: O “S/D” corresponde a una acción por medio de la cual una planta o un sistema operativo es

puesto en un modo seguro o no operativo.

Sostenibilidad: Consiste en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad que las futuras generaciones satisfagan sus propias necesidades.

Sustancia Química Altamente Peligrosa: Materiales o productos químicos usados a la entrada de un proceso como materia prima, y/o que se produce en las etapas intermedias de este, y/o a la salida del proceso, y que por las condiciones físicas y químicas implícitas que posee y del proceso como tal pueden ser liberadas de forma accidental a la atmósfera, pudiendo ocasionar daños muy graves a los trabajadores, al medio ambiente, a los activos y a la comunidad en general.

Tan Bajo como sea Razonablemente Posible: O “ALARP” los esfuerzos para reducir el riesgo deberían mantenerse hasta que los sacrificios incrementales, en términos de costos, tiempo, esfuerzo u otro gasto de recursos, sean altamente desproporcionados a la reducción incremental del riesgo alcanzado. El término Tan Bajo como sea Razonablemente Alcanzable “ALARA” es frecuentemente usado como sinónimo.

Tolerancia al Riesgo: Ver “Aceptabilidad al Riesgo”.

Trabajo en Caliente: Cualquier operación que puede producir llama, chispa o materiales incandescentes, por ejemplo: Trabajo de Soldadura.

Variable: Una cantidad o condición cuyo valor está sujeto a cambiar y puede usualmente ser medido.

Vulnerabilidad: Cualquier debilidad que puede ser aprovechada por un adversario para obtener acceso a un activo o facilidad.

Anexo C

Cuadro Resumen de la Legislación Colombiana en Materia de Gestión de Riesgos

Legislación	***Aspectos normativos***
Ley 320 de 1996	*Esta ley fue emitida «el 20 de Septiembre de 1996 por el Congreso de la República de Colombia que aprobó el Convenio No. 174 sobre la prevención de accidentes industriales mayores y la Recomendación No. 181 sobre la prevención de accidentes industriales mayores, ambos de la OIT, y que fueron promulgados mediante el Decreto 2053 de 1999» (Congreso de la República, 1996, p. 1); la cual posteriormente «fue declarada exequible por la Corte Constitucional, mediante la Sentencia C-280-97 del 5 de junio de 1997» (Congreso de la República, 1996, 1).*
Decreto 321 de 1999	*Este decreto fue emitido «el 17 de Febrero de 1999 por el Ministerio del Interior y adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas, en aguas marinas, fluviales y lacustres, que es conocido con las siglas -PNC- es servir de instrumento rector del diseño y realización de actividades dirigidas a prevenir, mitigar y corregir los daños que éstos puedan ocasionar, y dotar al Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de una herramienta estratégica, operativa e informática que permita coordinar la prevención, el control y el combate por parte de los sectores público y privado nacional, de los efectos nocivos provenientes de derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en el territorio nacional, buscando que estas emergencias se atiendan bajo criterios unificados y coordinados» (Ministerio del Interior, 1999, p. 1, 2).*
Ley 1523 de 2012	*Esta ley fue emitida «el 24 de Abril de 2012 por el Congreso de la República de Colombia y adoptó la Política y el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia, así mismo, como una herramienta para la implementación de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Igualmente, determinó la estructura del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD), y así mismo, el Capítulo III desarrolló los instrumentos de planificación y bajo ese marco en el Artículo 42, estableció la obligación para todas las entidades públicas y privadas encargadas de la prestación de servicios públicos, que ejecuten obras civiles mayores o que desarrollen actividades industriales o de otro tipo que puedan significar riesgo de desastre para la sociedad, así como, las que específicamente determine la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, que deberán realizar un análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia, así como, los que se deriven de su operación. Es así como, con base en este análisis deberán diseñarse e implementarse las medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia que serán de obligatorio cumplimiento» (Congreso de la República, 2012, p. 1).*
Ley 1562 de 2012	*Esta ley fue emitida «el 11 de Julio de 2012 por el Congreso de la República de Colombia y modifica el Sistema de Riegos Laborales, y cambia el concepto de salud ocupacional, por el de seguridad y salud en el trabajo, y el concepto de programa de salud ocupacional, por el de sistema de*

Legislación	Aspectos normativos
	gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), así mismo, actualiza los conceptos de accidente de trabajo y enfermedad laboral, de conformidad con la reglamentación de la OIT» (Congreso de la República, 2012, p. 1-3)
Decreto 1072 de 2015	*Este decreto fue emitido «el 26 de Mayo de 2015 por el Ministerio de Trabajo de Colombia, por medio del cual expidió el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo (Ministerio del Trabajo de Colombia, 2015). Específicamente estableció en su Libro 2, Parte 2, Título 4, Capítulo 6, las disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). En este sentido, el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo que desarrollen los empleadores o contratantes es el resultado de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua con el objetivo de gestionar los peligros y riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud de los trabajadores a su cargo. Teniendo en cuenta la importancia de prevenir las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo a los cuales están expuestos los trabajadores, este decreto brinda las herramientas para promover y proteger la salud y la seguridad de los trabajadores, y establece que la implementación del SG-SST debe ser liderada por el empleador» (Ministerio del Trabajo, 2015, p. 94-122).*
Decreto 308 de 2016	*Este decreto fue emitido «el 24 de Febrero de 2016 por la Presidencia de la República de Colombia con el fin de adoptar el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres para el periodo 2015 a 2025, y consagra en el Objetivo Estratégico 1 "Mejorar el conocimiento del riesgo en el territorio nacional", y en el programa 1.3 "Conocimiento del riesgo de desastres por fenómeno de origen tecnológico", entre otros aspectos tendientes al conocimiento del riesgo y la identificación de las instalaciones peligrosas por razón de riesgos químicos» (Presidencia de la República, 2016, p. 1-5).*
CONPES 3868	*Es la «política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas del Consejo Nacional de Política Económica y Social expedida el 5 de octubre de 2016, denominado CONPES 3868. El documento busca integrar de manera coherente los procesos de gestión del riesgo y las etapas del ciclo de vida de las sustancias químicas para cubrir el amplio espectro de los problemas asociados con su uso, visto desde la óptica de dos objetos de interés: (i) la sustancia química y (ii) las instalaciones donde se usan; al tiempo que se fortalece la articulación y el compromiso de las entidades responsables del proceso de gestión» (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, p. 3).*
Decreto 2157 de 2017	*Este decreto fue emitido «el 20 de Diciembre de 2017 por parte de la Presidencia de la República de Colombia y adopta las directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del Artículo 42 de la Ley 1523 de 201l, y adicionó el Capítulo 5 al Título 1 de la Parte 3 del Libro 2 del Decreto 1081 de 2015 Único del Sector de la Presidencia de la República, el cual definió como alcance del Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de las Entidades Públicas y Privadas (PGRDEPP), la inclusión del análisis específico de riesgo el cual deberá considerar los posibles efectos de eventos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia de posible afectación por la entidad, así*

Legislación	Aspectos normativos
	como, de su operación que puedan generar una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento. Con base en ello se deberá realizar el diseño e implementación de medidas para reducir las condiciones de riesgo actual y futuro, además de la formulación del plan de emergencia y contingencia, con el fin de proteger la población, mejorar la seguridad, el bienestar y sostenibilidad de las entidades» (Presidencia de la República, 2017, p. 1-2).
Resolución 0312 de 2019	*Esta resolución «derogó a la Resolución 1111 de 2017» y fue emitida «el 13 de Febrero de 2019 por parte del Ministerio del Trabajo de Colombia y definió los Estándares Mínimos que deberán conformar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), de conformidad con cada tipo de empresa o entidad, el número de trabajadores, la actividad económica a la cual esta se dedica, la clase de riesgo y la labor u oficios que desarrollan» (Ministerio del Trabajo, 2019, p. 1).*
Resolución 4 0295 de 2020	*Esta resolución fue emitida «el 7 de Octubre de 2020 por parte del Ministerio de Minas y Energía de Colombia», y en esta «se establecen los criterios técnicos para proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos costa afuera en Colombia. Específicamente en el Título II sobre "Seguridad de los procesos durante la perforación, intervención de pozos y producción de hidrocarburos costa afuera", en su Artículo 5 indica que los operadores previo al inicio de las operaciones de exploración y/o explotación de hidrocarburos costa afuera, deberán remitir copia del Programa de Seguridad de Procesos al ente de Fiscalización y el cual formará parte del Plan de Gestión del Riesgo en armonía con el Decreto 2157 de 2017 o la norma que lo modifique, sustituya o adicione, y se realizará con base en alguna de la siguientes prácticas recomendadas o estándares: la Práctica Recomendada API RP 75 "Recommended Practice for Development of a Safety and Environmental Management System for Offshore Operations and Facilities", el reporte 510 de la IOGP "Operaring Management System Framework for Controlling Risk and Delivering High Performance in the Oil and Gas Industry", CCPS, Seveso Directive, Energy Institute o COMAH Regulations» (Ministerio de Minas y Energía, 2020, p. 1, 2)*

Fuente: Adaptación hecha por el autor a partir de la legislación colombiana existente en materia de gestión del riesgo y prevención de desastres

Anexo D

Notas y Apartes Importantes desde cada uno de los Documentos Consultados

No.	Título	Autor	Editorial	Año	Tipo de documento	Dirección web	Notas y apartes importantes desde el documento
1	Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena Caso (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena)	José Leandro Lacayo Mendoza & Jahir Ortiz Jaimes	Universidad Tecnológica de Bolívar	2015	Tesis de grado	https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068842.pdf	El apoyo, liderazgo y compromiso de la alta gerencia es absolutamente necesario para el logro de los objetivos propuestos por el sistema de gestión de procesos. El seguimiento al cumplimiento de los indicadores del sistema de gestión de procesos debe estar alineado y tener la misma rigurosidad que las exigencias realizadas a otros indicadores. A pesar de los grandes vacíos existentes en la legislación colombiana referente a los temas de seguridad de procesos; el solo cumplimiento de las regulaciones internacionales permite a las organizaciones estar preparadas ante la incorporación de regulaciones de seguridad de procesos a las industrias colombianas. Para el requisito relacionado con la integridad mecánica es necesario desarrollar a conciencia el ejercicio de la criticidad de sistemas, equipos y componentes, se deben priorizar los recursos de mantenimiento hacia la gestión de los equipos críticos por seguridad de procesos, y dar cumplimiento a la totalidad de los planes de inspecciones, pruebas y mantenimiento preventivo, así mismo, el modelo de gestión de activos debe ser desarrollado bajo los lineamientos de seguridad de procesos. Con miras a la mejora continua del sistema, se hace necesario implementar un sistema que identifique de manera temprana fallas en el sistema de gestión de procesos, que reporte y documente incidentes ocurridos. Las evaluaciones periódicas que realice periódicamente la alta gerencia permitirán garantizar el grado de madurez en el que se encuentra el sistema de gestión de procesos. Los elementos críticos en un modelo de gerenciamiento de seguridad de procesos se encapsulan dentro de la tecnología, activos y personas.
2	Guía para la gestión de los riesgos tecnológicos para las empresas adherentes al proceso APELL del D.E.I.P Barranquilla	Jesús M. Consuegra Gutiérrez	Universidad del Atlántico	2017	Artículo de revista:	Doi: http://dx.doi.org/10.15665/rp.v15i2.1143	En este trabajo realizado de tipo descriptivo prospectivo, se recolectó la información necesaria en 19 empresas adherentes al Proceso APELL de Barranquilla, para conocer los diferentes aspectos que pueden impactar negativamente la salud e integridad física de los trabajadores y de los miembros de las comunidades del área de influencia y el medioambiente; para esto fue necesario analizar los procesos, actividades, productos y residuos; estudiar las propiedades físicas, químicas, tóxicas y ecotóxicas de los materiales peligrosos almacenados, en proceso y/o en el transporte y establecer las variables críticas de los procesos.
3	Diseño de un modelo de gestión de la seguridad y salud en el trabajo en las actividades de perforación Off-Shore en Colombia	Paola Alejandra Báez Sánchez	Fundación Universidad de América	2016	Tesis de grado	https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/567/1/3111375-2016-2-II.pdf	El autor recomienda que para futuras investigaciones se pueden considerar el diseño de modelos de gestión que incluyan la seguridad de los procesos (HSSE), teniendo en cuenta que esto implica un mejor control sobre cada uno de los elementos que lo integran.

4	*Análisis del riesgo de accidentes mayores con gás licuado de petróleo de tipo antropogénico en el terminal G.L.P. Oyambaro de la empresa pública de hidrocarburos del Ecuador - E.P. Petroecuador*	*Edwin René Aguirre Herrera*	*Universidad Tecnológica Equinoccial*	*2015*	*Tesis de grado*	*http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/17981/62156_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y*	*La simulación permitió establecer que se requiere redefinir el Plan de Evacuación de la instalación en función de los diferentes escenarios modelados, incluyendo el alcance de proyectiles o fragmentos de las esferas. Inclusive el punto de reunión actual (fuera de la instalación) debe ser sólo para emergencias de menor grado, que no involucren bleve's.*
5	*Propuesta metodológica para el diagnóstico y evaluación de sistemas de seguridad de procesos incluyendo principios verdes*	*Jorge Andrés Sarmiento Becerra*	*Universidad EAN*	*2019*	*Tesis de grado*	*https://repository.ean.edu.co/handle/10882/9676*	*Los principios de ingeniería verde, llevará de la mano la mejora en las condiciones de seguridad en procesos así como sostenibilidad, por lo cual es altamente recomendable continuar los desarrollos en este ámbito, particularmente en lo que respecta a la caracterización, identificación e industrialización de materiales que cumplan para procesos verdes. Los principios de ingeniería verde que consideran de mayor importancia e influencia en sistemas de gestión en seguridad de procesos son: 1. Sustentabilidad a lo largo del ciclo de vida, 2. Prevenir en vez de tratar, 3. Inherentemente seguro y no peligroso, 4. Recursos, energía y materiales renovables, y 5. Eficiencia en el uso de materia, energía, espacio y tiempo.*
6	*Modelo de gestión de emergencias mayores en la industria del gas y petróleo en el Ecuador*	*Fausto Ramiro Espinosa Gallegos*	*Universidad Internacional SEK*	*2018*	*Tesis de grado*	*https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2844/1/Modelo%20de%20Gesti%c3%b3n%20de%20Emergencias%20en%20la%20Industria%20del%20Gas%20y%20Petr%c3%b3leo.pdf*	*El modelo de gestión de emergencias propuesto, consta de los siguiente pasos: Identificación de peligros, Identificación niveles de emergencias, Organización Roles y Responsabilidades, Proveer recursos para la respuesta a emergencias, Desarrollo de planes de emergencias y Continuidad, Formación y Entrenamiento, Ejercicios de Emergencias, Auditorias y Lecciones Aprendidas y Oportunidades de Mejora.* *La conclusión cualitativa es una puntuación basada en las calificaciones cuantitativas dadas a cada indicador de la herramienta RETOS, ARPEL ha establecido una expectativa de alto rendimiento para calificar la preparación de respuesta a derrames de hidrocarburos, así: En desarrollo: menos del 90% y Logrado: mayor o igual al 90%. Las oportunidades de mejora identificadas durante la evaluación son gestionadas mediante un plan de acción para perfeccionar la preparación de la respuesta a derrames.*
7	*Four major gaps that are preventing most companies worldwide from achieving excellent process safety performance*	*William G. Bridges and Jeff Thomas*	*Process Improvement Institute, Inc*	*2018*	*Artículo de memorias:*	*https://www.process-improvement-institute.com/_downloads/4_Gaps_in_PSM_-_FINAL.pdf*	*1. Reglas para desarrollar procedimientos:* *El procedimiento debería ser elaborado para alguien que ha completado un entrenamiento básico.* *Identifique antes de tiempos las actividades que requieren procedimiento, e identifique las actividades que se consideran habilidades dentro del equipo.* *El borrador inicial debe ser aplicado en campo por parte de otro usuario.* *El borrador revisado debería ser revisado en campo por parte de un técnico o un ingeniero de operaciones.* *El procedimiento necesita ser chequeado, a partir de una lista de verificación previamente elaborada. El objetivo es alcanzar como mínimo un 95%.* *2. Guía general para analizar modos no rutinarios de operación:* *Defina las suposiciones acerca del estado inicial del sistema.* *Defina la intención de diseño completa para cada paso.* *No analice los pasos de salvaguarda que empiezan con asegurar, chequear, verificar,*

							inspeccionar, etc. o donde la consecuencia de omitir es "la pérdida de un nivel de protección contra..." *Junto con un operador ante la revisión, identifique las secciones del procedimiento que garantizan el uso de: 7 a 8 palabras guía, 2 palabras guía, en otros use What if.* *Descomponga cada paso escrito en una secuencia de acciones (verbos).* *aplique palabras guía a las intenciones de cada acción.* *3. Las barreras que contribuyen al no reporte de casi-accidentes son:* *Temor a acciones disciplinarias.* *Miedo a las burlas de los compañeros (vergüenza).* *Falta de entrenamiento de los constituye un casi-accidente vs un no-incidente.* *Falta de compromiso de la gerencian y falta de seguimiento una vez un casi-accidente es reportado.* *Se requiere un nivel de esfuerzo aparentemente alto para reportar e investigar casi-accidentes con respecto al bajo retorno de esta inversión.* *No hay manera para investigar los miles de cas-accidentes por mes o por año.* *Desestímulos para reportar casi-accidentes.* *No hay conocimiento acerca de cual metodología para investigación de accidentes usar* *La compañía desestima el reporte de casi-accidentes debido al temor de responsabilidad legal si estos son mal utilizados por personas externas.* *4. Las actividades de proceso donde hay mayor influencia de los errores son:* *Diseño de procesos.* *Diseñor de procesos.* *Especificación de componentes.* *Recepcionando e instalando equipos.* *Commissioning.* *Operando un proceso.* *Mantenimiento, inspección y reparación de un proceso.* *Solucionando y suspendiendo el proceso.* *Gestionando cambios del procesos, procedimientos, materiales, facilidades y personal.* *Las 10 categorías de factores humanos que requieren controlarse por parte de la compañía son:* *Tiempo disponible para respondientes solamente.* *Estrés.* *Complejidad y diseño de la tarea.* *Experiencia/Entrenamiento.* *Procedimientos.* *Interfaz Hombre-Máquina.* *Aptitud física para la tarea.* *Proceso de trabajo y supervisión.* *Ambiente de trabajo.* *Comunicación.*

8	*Determination of safety integrity level by using layer of protection analysis method on floating regasification unit*	*Fitrani Kamila*	*Institut Teknologi Sepuluh Nopember*	*2016*	*Tesis de grado*	*No Especificado*	*El SIL del activo cumple con el requerimiento, para la industrial LNG debe cumplir con el SIL 3 de acuerdo con el estándar IEC.* *Sobre la base de la tasa de fallas encontradas algunos equipos tienen 1/1 que significa que un fallo conduce a otro fallo.* *Según el HAZOP, algún lugar todavía tiene un alto potencial de peligro. El mantenimiento predictivo reducirá la situación peligrosa. Por medio del mantenimiento predictivo se puede predecir el número de probabilidades y para la severidad puede incrementarse a causa de la acción preventiva.*
9	*Lecciones aprendidas de incidentes durante operaciones de arranque*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*1 Ed 2018*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/1109/isc-safety-lore_issue-no1_esp.pdf*	*Los re-arranques representan una condición de alto riesgo de accidentes mayores en las plantas industriales, sustentado en las posibles fallas mecánicas que se pueden presentar (condición), así como, aspectos de tipo humano (actos). Al igual que los accidentes de Seguridad Industrial, los Accidentes de Proceso se generan por la combinación de Condiciones Sub-estándar y Actos Inseguros.*
10	*Lecciones aprendidas de incidentes durante mantenimiento de tanques de almacenamiento atmosféricos*	*ICheme Safety Centre*	*IChemE*	*2 Ed 2018*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/1111/isc-safety-lore_issue-no2-esp.pdf*	*Asegurar que el sistema intervenido (donde se está ejecutando trabajo/actividad) está aislado apropiadamente y asegurado (con ciegos o desconexión eléctrica de válvulas operadas remotamente, para prevenir que sean operadas por error). No depender de aislamientos con una sola válvula ya que estas pueden fugar.* *Cubrir y sellar todos los drenajes, venteos, accesos de personal, bridas abiertas y desagües. Al terminar los trabajos remover todos los aislamientos incluyendo los venteos del tanque.* *Los trabajos en caliente requieren análisis de riesgos exhaustivos, así como, controles muy estrictos que permitan garantizar el completo control de las operaciones. Para estas actividades no rutinarias se requiere el diligenciamiento de un permiso de trabajo pre-turno, donde se verifique la implantación de los controles, así como, la sensibilización de los peligros y riesgos con los trabajadores involucrados. Para la medición de atmósferas se requiere la disposición de personal entrenado, y equipos calibrados y verificados periódicamente para garantizar su funcionalidad.*
11	*Lecciones aprendidas de incidentes en sistemas de alivio y venteo*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*3 Ed 2018*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/4812/isc-safety-lore_issue-no3-esp.pdf*	*Para prevenir accidentes ocasionados por descargas eléctricas, es imprescindible la disposición de aterrizaje de los equipos y su verificación. En algunos casos, de acuerdo al nivel de la tormenta, se deberán suspender las operaciones críticas, tales como trabajo en altura, trabajo con circuitos eléctricos, izaje de cargas, etc. Por otro lado, durante el retiro de dispositivos de seguridad, se deberá garantizar el etiquetado y candadeo (LOTO), así como, las pruebas positivas para garantizar el respectivo aislamiento. Finalmente, ante la duda o presencia de cambios es imprescindible la suspensión de los trabajos y la re-evaluación de los riesgos.*
12	*Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con envejecimiento de activos*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*4 Ed 2018*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/8624/isc-safety-lore_issue-no4-esp.pdf*	*Es fundamental garantizar que las especificaciones de los materiales usados para el diseño y construcción de las facilidades sea "compatible" y congruente con los materiales que se procesarán dentro de la planta, aspectos que deberían considerarse en las etapas de diseño. Así mismo, durante la vida útil de la planta se deberá garantizar la implementación de programas de prevención y mitigación de la corrosión igualmente es clave considerar desde el diseño si es prudente enterrar algunos tramos de línea o equipos, debido a la ausencia de seguimiento y mayor susceptibilidad de estos al deterioro, más cuando se desconoce a ciencia cierta la acción de agentes externos corrosivos. Es prudente garantizar la confiabilidad de los equipos y tuberías por medio de programas de seguimiento preventivos y predictivos, los cuales deberían mantenerse documentados.*

13	*Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con "amontonamiento de cambios"*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*5 Ed 2019*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/11054/isc-safety-lore_issue-no5-esp.pdf*	*Los diseños originales de la planta se deberían respetar ya que obedecen a un análisis exhaustivo, apoyado generalmente en un PHA, por lo cual se debería garantizar su aplicación durante el proceso constructivo de la facilidad. Por otro lado, durante la vida útil de la planta, se deben considerar los cambios que se producen en esta, incluido el deterioro normal, aspectos que igualmente deberían contemplarse en un PHA. Es importante crear cultura en los trabajadores para que refuercen la comunicación con sus supervisores e igualmente crear mecanismos de reporte que permitan informar a los niveles organizacionales pertinentes sobre hallazgos, cambios o condiciones que se evidencien durante las jornadas de trabajo diaria.*
14	*Lecciones aprendidas de incidentes con bridas*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*6 Ed 2019*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/12000/isc-safety-lore_issue-no6-esp.pdf*	*En procesos de instalación de plantas o mantenimiento, es fundamental garantizar el nivel de competencia del personal, así mismo, se requiere garantizar un proceso de contratación acorde con las demandas de la actividad. Las conexiones bridadas deben instalarse de conformidad con las indicaciones del fabricante con todos sus componentes, incluido el proceso de apriete de los pernos. Por otro lado, los pernos de acero al carbono no son adecuados cuando se manejan ácidos en procesos, debido a la alta corrosión que estos presentan, en su lugar se deberían usar pernos de acero inoxidable. Finalmente, es fundamental incluir las conexiones bridadas dentro del proceso de inspecciones rutinarias, con el fin de identificar inconsistencias o fallas de forma oportuna.*
15	*Lecciones aprendidas de accidentes de transporte*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*7 Ed 2019*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/12536/isc-safety-lore_issue-no7-es.pdf*	*Es imprescindible realizar una inspección previa a las labores de transferencia de fluidos, garantizado la compatibilidad de los materiales transferidos con los de las mangueras usadas, así como, el buen estado de las conexiones y disposición de materiales de emergencia. En lo posible, se debería garantizar la disposición de infraestructura y materiales de contención. Así mismo, estas operaciones deben ser realizadas y supervisadas por personal competente. Por otro lado, durante el transporte por carretera se deberá dar cumplimiento con los requerimientos legales, la disposición de los planes de contingencia, las fichas de seguridad de los materiales transportados, así como, las acciones en caso de incendio la cual debería facilitarse al cuerpo de bomberos. Igualmente, es fundamental garantizar la competencia y entrenamiento requerido por parte del conductor del vehículo, así como, medios de comunicación con cobertura en el tramo completo de la vía. Complementariamente, se deberá garantizar la realización del plan de ruta, contemplando los tiempos de descanso del conductor.*
16	*Lecciones claves de incidentes relacionados con entregas de turnos/cambios de guardia*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*8 Ed 2019*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/13469/isc-safety-lore_issue-no8-spanish.pdf*	*Las organizaciones deberían considerar muy conscientemente los cambios que quieran implementar de cualquier naturaleza, incluido los cambios en la planta de personal, así mismo, deberían gestionar estos cambios considerando una transición para evitar impactar de forma abrupta a la organización y sus procesos internos. Por otro lado, es prudente en igual medida considerar el cambio de turno de los trabajadores y las medidas de control necesarias para mitigar el impacto que esto genera. La comunicación juega un papel preponderante y por ninguna razón se debería permitir que los trabajadores tomen decisiones unilaterales que tengan el potencial de impactar de forma directa al negocio.*
17	*Lecciones claves de incidentes relacionados con permisos de trabajo*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*9 Ed 2020*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/13644/isc-safety-lore_issue-no9-spanish.pdf*	*El sistema de permisos de trabajo cumple su cometido en el control de actividades críticas y no rutinarias cuando finalmente se materializa la implementación de medidas de prevención, sin embargo, se evidencia que los trabajadores ven estos sistemas como una forma de entorpecer el desarrollo de las actividades, percepción que requiere ser intervenida y cambiada para lograr el objetivo principal del sistema.*

18	*Lecciones claves de incidentes relacionados con el manejo de alarmas*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*10 Ed 2020*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/15051/isc-safety-lore_issue-no10-esp.pdf*	*Es usual que muchas alarmas del proceso se activen al mismo tiempo y muchas de ellas se consideran alarmas molestas y se opta por silenciar las alarmas sin reconocer necesariamente lo que significan, por tanto, es necesario identificar alarmas críticas de seguridad. El uso y la configuración de las alarmas debe ser tal que las alarmas críticas de seguridad, incluyendo las de los sistemas de tea, se puedan distinguir de otras alarmas operacionales; las alarmas deben limitarse al número que un operador puede monitorear efectivamente; sin embargo, la seguridad última de la planta no debe depender de la respuesta del operador al sistema de control. Cada alarma debe tener un propósito claramente definido, como seguridad, falla del equipo, condiciones anormales del proceso o calidad del producto.*
19	*Lecciones clave de incidentes relacionados con fertilizantes de nitrato de amonio*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*11 Ed 2020*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/14925/isc-safety-lore_issue-no11-esp.pdf*	*Es imprescindible realizar inventario de los materiales usados en la planta, así tener disponibles y para consulta de todos los trabajadores las fichas de seguridad, e igualmente se deberán garantizar las condiciones necesarias para el almacenamiento de los materiales y de los residuos. Los operadores necesitan un conocimiento completo de los peligros inherentes asociados con la manipulación y el almacenamiento de materiales. Al contratar un proceso técnico a un tercero, el operador debe asegurarse de que todos los riesgos en la zona y los asociados a los trabajos de los contratistas han sido identificados, informados y controlados.*
20	*Lecciones aprendidas de explosiones de metano en minas de carbón*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*12 Ed 2020*	*Artículo lección aprendida*	*https://94f04d24-e590-4d79-ac59-6a87ae5c1353.filesusr.com/ugd/91b8b3_8e20191d024046baa774585cd67dbd49.pdf*	*Operador* *• Si detecta acumulaciones de metano repórtelas a su supervisor inmediatamente.* *• Detenga las operaciones cuando las condiciones de ventilación sean insuficientes e informe al supervisor.* *• Maneje los trabajos de llama abierta y generación de chispas como corte y soldadura con sumo cuidado.* *• Asegúrese de verificar regularmente que los aparatos de monitoreo de metano estén calibrados y que funcionen bien.* *Es imprescindible la realización de un análisis de riesgos frecuente en las minas de carbón, así como, garantizar la implantación de las medidas correctoras. La ventilación adecuada para evitar la acumulación de metano, y la colocación de cantidades insuficientes de polvo de roca en las entradas de la mina para inertizar el polvo de carbón y evitar una explosión de polvo, otra medida aplicada es la aspersión de agua con el fin de lograr intervenir cualquier connato de incendio de manera que se extinga rápidamente. Adicionalmente, es fundamental la revisión previa al cambio de turnos para que se registren y se gestionen los riesgos de seguridad.*
21	*Key lessons from incidents related to audits*	*IChemE Safety Centre*	*IChemE*	*13 Ed 2021*	*Artículo lección aprendida*	*https://www.icheme.org/media/15623/isc-safety-lore-no-13.pdf*	*La realización de auditorías contribuye a la identificación oportuna de fallas en la aplicación de la gestión de los riesgos de HSEQ, sin embargo, si durante su proceso de realización no se le da la importancia estos ejercicios, no se contribuirá con la identificación de hallazgos relevantes, por otro lado, si no se da un tratamiento, seguimiento y gestión a los hallazgos identificados estos ejercicios perderán completamente su propósito. La realización de las auditorías planificadas, al igual que la dedicación necesaria para realizarlas, juega un papel importante dentro del proceso de mejora continua de la gestión. Adicionalmente, es importante garantizar la disposición de personal técnico que conozca el proceso dentro del equipo auditor.*

22	*Diseño del programa de gestión de seguridad de procesos bajo la norma OSHA 29 CFR 1910.119 para químicos altamente peligrosos en la industria de alimento*	*Bryan A Buitrago Cárdenas, Luis Gabriel Rodríguez Villamizar y Edwin José Herrera Libardo*	*Universidad ECCI*	*2021*	*Tesis de grado*	*https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/962/Dise%C3%B1o%20del%20programa%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20seguridad%20de%20procesos%20bajo%20la%20norma%20osha%2029%20cfr%201910.119%20para%20qu%C3%ADmicos%20altamente%20peligrosos%20en%20la%20industria%20de%20alimento.pdf?sequence=1&isAllowed=y*	*Se logró establecer que los químicos altamente peligrosos usados en la industria alimentaria no están ligados directamente a la naturaleza del negocio, así mismo, aunque en Colombia no existe actualmente legislación específica en materia de seguridad de procesos, las regulaciones actuales dan argumentos suficientes para considerar medidas orientadas a la prevención de accidentes de proceso. Finalmente, aunque son pocos los químicos usados en los procesos alimentarios, siempre existe la posibilidad de ocurrencia de estos accidentes.*
23	*Implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos PSM, basados en las directrices del CCPS (CCPS Risk Based Process Safety, RBPS 2007)*	*Nain Aguado Quintero e Iván Diaz D.*	*ABS Group Colombia S.A.S*	*2018*	*Artículo de memorias:*	*https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-003%20TRA_COL_N_AGUADO_CIMGA2018.pdf*	*Todos los participantes en este proyecto indicaron que el concepto de Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos (SGSP) era útil y pudieron ver cómo podrían usarlo para desarrollar la cultura de seguridad de su organización. Entendimiento y controlando la ocurrió mal, y que ocurrió terriblemente bien.* *De acuerdo con las entrevistas el proceso de Gestión del Cambio no la estaban aplicando bien, había cambios que se realizaron en las plantas de proceso que no habían sido registrados y actualizados en procedimientos de operación, P&ID y Diagramas de Proceso y muchos menos habían tenido un proceso de control de cambio.* *Mejora continua con cultura y liderazgo permite mantener una planta segura y libre de accidentes catastróficos.* *Los entrevistados estuvieron de acuerdo con la afirmación de que el nivel de madurez de la cultura de seguridad influirá en la adecuación y efectividad de las diferentes mejoras de seguridad de proceso.* *En las entrevistas se expusieron ejemplos de incidentes en los que ciertas intervenciones de seguridad del comportamiento que habían utilizado no funcionarían en una organización que no había alcanzado un nivel específico de madurez de cultura de seguridad de proceso.* *Es imprescindible cambiar la cultura de la empresa, empezando por la de la dirección. Una Planta de procesos que está convencida que la dirección apoya la seguridad de procesos tiende a hacer las cosas correctas, de la manera correcta, en el momento correcto, incluso cuando nadie mira.* *Este modelo de gestión de seguridad de procesos es necesario integrarlo con los sistemas de gestión existentes, ya que hay elementos comunes que se pueden enfocar de manera global.* *Poco a poco la industria de procesos, grandes y medianas empresas de otros sectores de la economía nacional e internacional está adoptando la seguridad de proceso.*

24	*Análisis cuantitativo de riesgos tecnológicos en el manejo de sustancias peligrosas a nivel empresarial en Santo Domingo*	*Saily Cárdenas Martínez*	*Universidad central Martha Abreu de las Villas*	*2019*	*Tesis de grado*	*https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/11332/C%c3%a1rdenas%20Mart%c3%adnez%2c%20Saily.pdf?sequence=1&isAllowed=y*	*Es imprescindible realizar una elección de la metodología adecuada al proceso para el análisis de riesgos tecnológicos, dado a que este es un factor esencial en el proceso de identificación de brechas.*
25	*Stakeholder outreach on process safety for process industry using risk based approaches*	*Siti Nur Balqis Fauzi Rahman Jayaraman, Azmi Mohd Shariff y Dzulkarnain Zaini*	*Universiti Teknologi*	*2019*	*Artículo de revista:*	*https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/prs.12130?src=getftr*	*La implementación del programa de alcance a las partes interesadas en la industria de procesos es crucial para reducir el impacto de los accidentes mayores a las partes interesadas.* *El modelo de ayuda laboral ayudará a rastrear la integridad del programa, la ubicación del archivo y la persona responsable del programa.*
26	*Effective KPI setting to process safety management system in design phase for oil and gas plant projects*	*Masayuki Tanabe y Atsumi Miyake*	*Chemical Engineering Transactions*	*2019*	*Artículo de revista:*	*https://www.aidic.it/cet/19/77/091.pdf*	*En este artículo, se propone la fase de diseño PS-KPI y se discuten algunas medidas clave para mejorar el desempeño de la gestión de la seguridad del proceso de la fase de diseño.* *Comprender los principios para la gestión de la seguridad del proceso en la fase de diseño y las medidas sensibles clave que afectan su desempeño, como se analiza en este artículo, es el elemento clave para mejorar el desempeño de la gestión de la seguridad del proceso en la fase de diseño.*
27	*Metodología de análisis cuantitativo de riesgo incluyendo el efecto dominó*	*Eusebio Vladimir Ibarra Hernández*	*Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas*	*2016*	*Tesis de grado*	*https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7478/Eusebio%20Vladimir%20Ibarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y*	*El investigador propuso una metodología para análisis del efecto dominó dentro del análisis QRA.*
28	*Human error and response to alarms in process safety*	*Beata Mrugalska, Salman Nazir, Edwin Tytyk & Kjell Ivar Øvergård*	*Universidad Nacional de Colombia*	*2016*	*Artículo de revista:*	*https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49645986011*	*En cualquier industria de procesos, los problemas de seguridad son primarios, ya que cualquier accidente puede tener consecuencias cataclísmicas tanto para las personas como para el medio ambiente. Por lo tanto, deben realizarse esfuerzos para prevenir o limitar los peligros de la planta. Para lograr este objetivo, se aplica un número cada vez mayor de sistemas de calidad y fiabilidad industrial. En estos sistemas, los operadores prestan atención a los estados de proceso actuales y predicen sus estados futuros utilizando información de sistemas de alarma. Las alarmas se realizan con frecuencia a través de terminales de visualización en los que la información se presenta en una variedad de formatos. En este artículo, se ha prestado especial atención a las señales visuales y audibles. Los resultados del estudio revelaron que los participantes podían reaccionar más rápido a las señales visuales que a las audibles cuando las señales están predefinidas según un código. No se encontró ninguna diferencia en la reacción de errores en comparación con el número total de alarmas.* *Estos resultados tienen como objetivo ser útiles en la formulación de recomendaciones para*

							trabajar hacia un diseño óptimo de las consolas de control cuando se presentan pantallas auditivas y visuales. También pueden ser eficaces para mejorar el sistema rendimiento en el diseño de maquinaria y equipos.

Fuentes: Adaptación hecha por el autor desde fuentes diversas como se indica en cada referencia

Anexo E

Revisión de los Requisitos del RBPS – CCPS

0	*0% de Implementación*
1	*1% al 20% de implementación aproximada*
2	*21% al 40% de implementación aproximada*
3	*41% al 70% de implementación aproximada*
4	*71% al 95% de implementación aproximada*
5	*Más del 95% de implementación*

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
I. Compromiso con la seguridad de procesos						
1. Cultura de la seguridad de procesos: La cultura de seguridad de procesos de una organización, se define como "la combinación de valores y comportamientos de un grupo que determinan la manera como se gestiona la seguridad de procesos. Se debería considerar básicamente "Cómo se hacen las cosas en la organización", "Que espera la organización" y "Cómo se comporta cada trabajador cuando nadie lo mira". Tener en cuenta como mínimo:						
1.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer la seguridad de procesos como un valor fundamental						
Proveer un liderazgo sólido						
Establecer y ejercer altos estándares de desempeño						
Documentar el énfasis y enfoque de la cultura de la seguridad de procesos						
1.2 Desarrollar e implementar una cultura confiable						
Mantener un sentido de vulnerabilidad						
Empoderar a las personas para que cumplan con éxito sus responsabilidades de seguridad						
Valorar la experiencia						
Garantizar comunicaciones abiertas y efectivas						
Establecer un ambiente de cuestionamiento y aprendizaje						
Promover confianza mutua						
Proveer la respuesta oportuna a los asuntos y preocupaciones de seguridad de procesos						
1.3 Monitorear y guiar la cultura						
Realizar un monitoreo continuo del desempeño						
2. Cumplimiento de estándares: Es un proceso para identificar, desarrollar, adquirir, evaluar, diseminar y proveer acceso a los estándares, códigos, normas y leyes aplicables, y que afectan la seguridad del proceso petrolero. Se deberían incluir tanto los estándares internos como los externos, nacionales e internacionales, etc. El sistema de gestión permite garantizar que esta información esté rápida y fácilmente accesible a todos los usuarios. Se pretende que esta información esté disponible y fácilmente accessible a todos los usuarios. Es importante tener en cuenta, que estos estándares interactúan de una u otra manera con cada uno de los requisites del sistema de gestión de RBPS. El conocimiento y cumplimiento de los estándares contribuye a que la organización (1) opere y mantenga una facilidad segura, (2) aplique sistemáticamente las buenas prácticas de seguridad de procesos, y (3) de cumplimiento con la responsabilidad legal. Adicionalmente, los estándares hacen parte de la base de los requisites a tener en cuenta durante un programa de auditoría para determinar la conformidad del sistema de gestión. Tener en cuenta como mínimo:						
2.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar la implementación coherente del sistema de estándares						
Identificar cuándo se requiere el cumplimiento de los estándares						
Involucrar a personal competente						
Garantizar que las prácticas de cumplimiento de los estándares son efectivas						
2.2 Realizar actividades de cumplimiento						
Proporcionar información apropiada para el cumplimiento de los estándares						
Realizar actividades de aseguramiento del cumplimiento						
Evaluar periódicamente el estado de cumplimiento y proporcionar un informe a la alta dirección						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
Revisar la aplicabilidad de los estándares cuando surja nueva información o se presenten cambios						
2.3 Seguimiento por medio de decisiones, acciones y uso de resultados de cumplimiento						
Actualizar los documentos e informes del cumplimiento según se requiera						
Comunicar el cumplimiento o presentar informes de aseguramiento del cumplimiento a las entidades externas apropiadas						
Mantener registros del cumplimiento del requisito						
3. Competencia en seguridad de procesos: El Desarrollo y Mantenimiento de la competencia en seguridad de procesos abarca tres acciones interrelacionadas: (1) mejoramiento continúo del conocimiento y la competencia, (2) asegurar que la información necesaria esté disponible para el personal que lo requiera, y (3) que se aplique consecuentemente lo que se ha aprendido. Tener en cuenta como mínimo:						
3.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer objetivos						
Designar un representante de la alta dirección dentro de la organización, que contribuya a dar cumplimiento con las expectativas de gestión en este requisito						
Identificar los consiguientes beneficios						
Desarrollar un plan de aprendizaje						
Promover el aprendizaje dentro de la organización						
Tolerar errores y equivocaciones, pero aprender de ellos						
3.2 Ejecutar actividades que ayuden a mantener y mejorar la competencia en seguridad de procesos						
Nombrar administradores de tecnología						
Tener conocimiento de los documentos						
Asegurar que la información es asequible						
Proveer una estructura organizacional						
Proporcionar conocimiento al personal que lo requiera						
Aplicar el conocimiento						
Actualizar información						
Promover la interacción persona a persona						
Planificar las transiciones de personal						
Solicitar conocimiento de fuentes externas						
3.3 Evaluar y compartir resultados						
Evaluar la utilidad de los esfuerzos realizados						
Solicitar necesidades de las unidades operacionales						
3.4 Ajustar planes						
4. Involucramiento de trabajadores: Los trabajadores en todos los niveles y en todas la posiciones dentro de la organización, deberían tener roles y responsabilidades para mejorar y asegurar la seguridad de las operaciones de la organización. Sin embargo algunos trabajadores pueden no estar al tanto de todas las oportunidades de como contribuir. Algunas organizaciones pueden no escuchar efectivamente a sus trabajadores que tienen alta experiencia o peor aún pueden desalentar a los trabajadores que quieren contribuir al mejoramiento debido a las organizaciones lo ven como un rol no ttradicional. La participación de los trabajdores proporciona un medio que permite la contribución de los empleados y los contratistas en el diseño, desarrollo, implementación y la mejora continua del sistema de gestión RBPS. Tener en cuenta como mínimo:						
4.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar una implementación consistente						
Involucrar personal competente						
4.2 Conducir las actividades del trabajo						
Proveer contribuciones apropiadas						
Aplicar los procesos de trabajo adecuados y evidenciar los resultados del trabajo						
4.3 Monitorear la efectividad del sistema						
Asegurar que las prácticas de participación de los trabajadores permanezcan efectivas						
4.4 Promover activamente el programa de participación de los trabajadores						
Estimular la participación de los trabajadores						
Adoptar nuevas oportunidades en la participación de los trabajadores						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
Publicar el progreso del programa sobre la participación de los trabajadores						
5. Alcance a partes interesadas: La divulgación a los grupos de interés es un proceso para (1) determinar organizaciones que pueden ser o que consideran que pueden ser afectados por las operaciones de la organización e involucrarlos en un dialogo acerca de la seguridad de procesos, (2) estableciendo una relación con organizaciones comunitarias, otras organizaciones, grupos profesionales y autoridades locales y estatales, así como, (3) el suministro de información acerca de la organización y los productos de las facilidades, los procesos, sus planes, e igualmente, los peligros y riesgos. Este proceso garantiza que las directivas hacen que la información relevante de la seguridad del proceso esté disponible para todos los grupos de interés. Este requisite también estimula el intercambio de información relevante y de las lecciones aprendidas con organizaciones similares. Finalmente, el requisito promueve la participación de la facilidad en la comunidad local y facilita la comunicación de información y de las actividades de esta que puedan afectar a la comunidad. Tener en cuenta como mínimo:						
5.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar una implementación consistente						
Involucrar personal competente						
Mantener prácticas efectivas						
5.2 Identificar las necesidades de comunicación y divulgación						
Identificar las partes interesadas relevantes						
Definir el alcance apropiado						
5.3 Cumplir con los compromisos y acciones						
Seguimiento de compromisos a las partes interesadas y recibir retroalimentación						
Compartir las preocupaciones de las partes interesadas con las directivas						
Documentar los encuentros de divulgación						
II. Comprensión de peligros y riesgos						
6. Gestión del conocimiento del proceso: El requisito conocimiento se enfoca inicialmente en información que puede ser fácilmente registrada en documentos, tales como (1) documentos técnicos escritos y especificaciones, (2) planos y cálculos de ingeniería, (3) especificaciones para diseño, fabricación e instalación de equipos del proceso, y (4) otros documentos escritos tales como fichas de seguridad de materiales (FDS). El término conocimiento del proceso es usado para compilar, catalogar y poner a disposición un conjunto específico de datos que normalmente se registra en físico o en formato electrónico. Sin embargo, el conocimiento implica entendimiento, no simplemente recolección de datos, por tanto, el requisito relacionado con la competencia lo complementa, ya que garantiza los usuarios de la información la interpreten correctamente. Tener en cuenta como mínimo:						
6.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar una implementación consistente						
Definir el alcance						
Documentar completamente los riesgos químicos de reactividad y de compatibilidad						
Asignar responsabilidad a personal competente						
6.2 Catalogar el conocimiento de procesos de una manera que facilite la recuperación						
Disponer de la información y proporcionar una estructura documental						
Proteger el conocimiento de una pérdida inadvertida						
Almacenar cálculos, datos de diseño e información similar en archivos centrales						
Documentar información de una manera amigable						
6.3 Proteger y actualizar el conocimiento de procesos						
Controlar o limitar el acceso a documentos desactualizados						
Mantener la exactitud						
Protegerse contra un cambio inadvertido						
Protegerse en contra de la remoción física o electronica, o de un archivo incorrecto						
Apoyar esfuerzos para gestionar el cambio adecuadamente						
6.4 Utilizar el conocimiento de procesos						
Los documentos son accesibles						
La información puede ser localizada dentro de los documentos						
El personal tiene confianza en que el conocimiento del proceso esta actualizado y es exacto						
El personal es consciente de como acceder al conocimiento del proceso						
Se garantiza la sensibilización						
Se asegura que el conocimiento del proceso sigue siendo pertinente y útil						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
7. Identificación de peligros y análisis de riesgos: Un sistema exhaustivo de identificación de peligros y análisis de riesgos, es el requisito principal de este pilar. La identificación de peligros y análisis de riesgos, por sus siglas en inglés HIRA, es un término colectivo que abarca todas las actividades involucradas en la identificación de peligros y la evaluación de riesgo en las facilidades de producción, a través de su ciclo de vida, para asegurar que el riesgo a los trabajadores, público en general y el medio ambiente es controlado consistentemente dentro de los límites de aceptabilidad al riesgo establecidos por la organización. Estos estudios se basan en tres preguntas principales, las cuales deberían responderse a un nivel de detalle en concordancia con los objetivos de análisis, las etapas del ciclo de vida, la información disponible y los recursos. Estas son: Peligro – ¿Qué puede salir mal?, Consecuencias – ¿Qué tan malo podría ser? y Probabilidad – ¿Con qué frecuencia podría suceder? Tener en cuenta como mínimo:						
7.1 Mantener prácticas confiables						
Documentar el sistema de gestión de riesgo que se desea						
Integrar las actividades HIRA en el ciclo de vida de proyectos y procesos						
Definir claramente el alcance del análisis HIRA y asegurar la cobertura adecuada						
Delimitar el alcance físico del sistema de riesgos						
Involucrar personal competente						
Hacer juicio de riesgo de manera consistente						
Verificar que las prácticas HIRA permanecen efectivas						
7.2 Evaluar riesgos y tomar decisiones basadas en riesgo						
7.3 Seguimiento a los resultados de la evaluación						
Comunicar los resultados importantes a la gerencia						
Documentar el riesgo residual						
Resolver las recomendaciones y realizar seguimiento acerca del cumplimiento de las acciones						
Comunicar los resultados internamente						
Comunicar los resultados externamente						
Mantener registros de la valoración del riesgo						
III. Gestión del riesgo						
8. Procedimientos operativos: Los procedimientos operativos son instrucciones escritas (incluyendo procedimientos que son almacenados electrónicamente e impresos por demanda) que (1) listan los pasos para una tarea determinada y (2) describen la forma en que los pasos son realizados. Generalmente un buen procedimiento también incluye una descripción del proceso, los peligros, las herramientas, las protecciones y los controles en forma detallada para que los operadores comprendan los peligros, puedan verificar que los controles han sido implementados están operando, y de esta forma garantizar que el proceso responde de la forma esperada. Los procedimientos críticos para la operación o mantenimiento seguro de los equipos deberían hacer referencia a la información actualizada de peligros e incluir advertencias sobre las consecuencias en caso de desviación. Los procedimientos también deberían proporcionar instrucciones para solucionar problemas cuando el sistema no responde como se espera Los procedimientos deberían especificar cuando se debería realizar una parada de emergencia y también debería contemplar que hacer en caso de situaciones especiales, tales como la operación temporal con un equipo fuera de servicio. Los procedimientos operativos se utilizan normalmente para controlar actividades como transiciones entre productos, la limpieza periódica de los equipos de proceso, preparación de equipos para ciertas actividades de mantenimiento y otras actividades que realizan de forma rutinaria los operadores. El alcance de este requisito contempla también los procedimientos operativos que describen las tareas requeridas para un arranque seguro, operar y parar procesos, incluyendo paradas de emergencia. Los procedimientos operativos al igual que los procedimientos de integridad de activos, los cuales se consideran más adelante, son complementarios. Tener en cuenta como mínimo:						
8.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer controles por parte de la gerencia						
Controlar los formatos y contenido de los procedimientos						
Documentar el control						
8.2 Identificar que procedimientos operativos que son necesarios						
Realizar un análisis de tareas						
Determinar que procedimientos son necesarios y su nivel de detalle apropiado						
Considerar todos los modos operacionales, incluyendo condiciones no rutinarias y anormales						
8.3 Desarrollar procedimientos						
Utilizar un formato apropiado						
Garantizar que los procedimientos describen la respuesta esperada del sistema, cómo determinar si un paso o tarea se ha hecho correctamente, y las posibles consecuencias asociadas con errores u omisiones						
Considerar límites de operación segura y las consecuencias de las desviaciones a esos límites						
Considerar las condiciones limites para la operación						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
Proporcionar instrucciones claras, concisas y precisas						
Complementar los procedimientos con listas de chequeo						
Hacer un uso efectivo de cuadros y diagramas						
Desarrollar procedimientos escritos para controlar operaciones temporales o no rutinarias						
Agrupar los procedimientos que tengan relación entre sí						
Validar los procedimientos y verificar que las prácticas actuales son conformes con los mismos						
8.4 Utilizar los procedimientos para la mejora del rendimiento humano						
Usar procedimientos para el entrenamiento						
Responsabilizar a la organización para que los procedimientos se sigan de manera consistente						
Asegurar que los procedimientos estén disponibles						
8.5 Asegurar que los procedimientos son mantenidos						
Gestionar los cambios						
Corregir los errores y omisiones de manera oportuna						
Revisar periódicamente todos los procedimientos operativos						
9. Prácticas de trabajo seguro: Los procedimientos se dividen generalmente en tres categorías. Los procedimientos operativos que rigen las actividades que generalmente involucran la producción del petróleo. Los procedimientos de Mantenimiento, los cuales incluyen la prueba, inspección, calibración, mantenimiento o reparación de equipos. Y los procedimientos de trabajo seguro, los cuales corresponden a autorizaciones o permisos de trabajo. Las prácticas de trabajo seguro ayudan a controlar los peligros y gestionar los riesgos asociados con el trabajo no rutinario y actividades críticas rutinarias. Tener en cuenta como mínimo:						
9.1 Mantener prácticas confiables						
Definir el alcance						
Especificar en que momento del ciclo de vida de la facilidad se aplican los procedimientos de trabajo seguro						
Asegurar una implementación consistente						
Involucrar personal competente						
9.2 Controlar eficazmente las tareas no rutinarias						
Desarrollar procedimientos seguros de trabajo, permisos, listas de chequeo y otros estándares escritos						
Entrenar empleados y contratistas						
Controlar el acceso a áreas de la facilidad peligrosas						
Hacer cumplir los procedimientos de trabajo seguro, permisos y otros estándares						
Revisar la totalidad los permisos de trabajo abiertos y verificar su cierre						
10. Integridad y confiabilidad de facilidades: El requisito sobre integridad y confiabilidad de facilidades contribuye a garantizar que los equipos estan diseñados e instalados de acuerdo con las especificaciones requeridas, y siguen siendo aptos para su uso hasta que salgan de servicio. Consiste en la implementación sistemática de actividades, tales como inspecciones y pruebas necesarias para asegurar que los equipos críticos permanecen adecuados para su aplicación prevista a lo largo de su vida. En concreto, las actividades relacionadas con este requisito se centran en (1) prevenir la liberación accidental de un material peligroso o una liberación repentina de energía y (2) asegurar la alta disponibilidad (o fiabilidad) de los sistemas de seguridad esenciales que previenen o mitigan los efectos de estos tipos de eventos. Tener en cuenta como mínimo:						
10.1 Mantener prácticas confiables						
Desarrollar un programa o política de confiabilidad escrita						
Determinar el alcance del requisito de integridad y confiiabilidad de facilidades						
Diseño e inspección de actividades de pruebas y mantenimiento preventivo (ITPM) basadas en estándares						
Involucrar personal competente						
Actualizar prácticas en base a nuevos conocimientos						
Integrar el requisito de integridad y confiabilidad de facilidades con otros objetivos						
10.2 Identificar equipos y sistemas que están dentro del alcance del programa de integridad y confiabilidad de facilidadesy asignar tareas ITPM						
Identificar sistemas y equipos para su inclusión en el requisito integridad de activos						
Desarrollar un plan ITPM						
Actualizar el plan ITPM cuando cambien las condiciones del equipo						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
10.3 Desarrollar y mantener conocimientos, habilidades, procedimientos y herramientas						
Desarrollar procedimientos de inspección, ensayo, reparación, y otras actividades críticas de mantenimiento						
Entrenar a los trabajadores y contratistas						
Garantizar que los inspectores dispongan de las certificaciones apropiadas						
Proporcionar las herramientas adecuadas						
10.4 Garantizar la aptitud continua para los fines previstos						
Llevar a cabo las inspecciones y pruebas iniciales como parte de la puesta en marcha de facilidades						
Realizar pruebas e inspecciones durante las operaciones						
Ejecutar la calibración, ajuste, mantenimiento preventivo y actividades de reparación						
Planificar, controlar y ejecutar las actividades de mantenimiento						
Asegurar la calidad de repuestos y materiales de mantenimiento						
Asegurar que las revisiones, reparaciones y pruebas no vayan en detrimento de la seguridad						
10.5 Considerar las fallas y deficiencias de los equipos						
Abordar inmediatamente cualquier condición que pueda conducir a una falla						
Revisar las pruebas y los reportes de inspección						
Examinar los resultados para identificar cuestiones más amplias						
Investigar las fallas crónicas utilizando una metodología estructurada						
Planear actividades de mantenimiento y reparación						
10.6 Analizar datos						
Recolectar y analizar datos						
Ajustar las frecuencias y métodos de inspección						
Llevar a cabo las inspecciones o pruebas adicionales si fuera necesario						
Planear reemplazos u otras acciones correctivas						
Archivar datos						
11. Gestión de contratista: La industria petrolera require de contratistas con habilidades muy especiales y, a veces, para llevar a cabo tareas especialmente peligrosas, a menudo durante los períodos de actividad intensa, como en las paradas de planta para mantenimiento. Estas consideraciones unidas a la falta de familiaridad que el personal contratista pueda tener con respect a los peligros en las instalaciones y en las operaciones, conllevan desafíos para la prestación segura de los servicios contratados. La gestión de contratistas es un conjunto de controles para garantizar que los servicios contratados apoyan tanto las operaciones seguras en la facilidad, como la seguridad del proceso y el rendimiento de seguridad de los trabajadores. Este requisito comprende la selección, adquisición, utilización y monitoreo de los servicios contratados. Tener en cuenta como mínimo:						
11.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar una implementación consistente						
Identificar cuándo es necesaria la gestión de contratistas						
Involucrar personal competente						
Asegurar que las prácticas permanecen efectivas						
11.2 Realizar actividades para cumplimiento del requisito (Seleccionar contratistas apropiadamente)						
Establecer expectativas, roles y responsabilidades para la implementación y cumplimiento del programa de seguridad						
Asegurar que el personal contratista está entrenado apropiadamente						
Cumplir con las responsabilidades de la organización con respecto al desempeño de seguridad						
11.3 Monitorear el sistema de gestión del contratista para garantizar su efectividad						
Auditar el proceso de selección del contratista						
Monitorear y evaluar el desempeño de seguridad del contratista						
12. Aseguramiento del entrenamiento y desempeño: El entrenamiento es la instrucción práctica de los requisitos y métodos de trabajo. Se puede proporcionar en un aula o en lugar de trabajo, y su objetivo es capacitar a los trabajadores para cumplir con las normas mínimas de desempeño, para mantener su competencia o inclusive para ascender a una posición más exigente. El desempeño es la evidencia por medio de la cual los trabajadores demuestran que han comprendido la formación impartida y pueden aplicarla en situaciones prácticas. Así mismo, es un						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
proceso continuo para garantizar que los trabajadores cumplan con los estándares de desempeño y para identificar necesidades adicionales de entrenamiento. Tener en cuenta como mínimo:						
12.1 Mantener prácticas confiables						
Definir los roles y responsabilidades						
Validar la efectividad del programa						
Controlar documentos						
12.2 Identificar que entrenamiento es necesario						
Llevar a cabo un análisis del trabajo/tarea						
Determinar los requerimientos mínimos (o elementos esenciales) para los candidatos						
Determinar el entrenamiento mínimo necesario						
Desarrollar el entrenamiento en los grupo conformados						
Gestionar cambios						
12.3 Proporcionar entrenamiento efectivo						
Elaborar o adquirir materiales de capacitación						
Contemplar los tiempos necesarios						
Unir los temas relacionados						
Garantizar que el entrenamiento esté disponible						
12.4 Monitorear el desempeño de los trabajadores						
Realizar una cualificación inicial						
Evaluar periódicamente a los trabajadores						
Revisar periódicamente todos los requisitos de cualificación						
13. Gestión del cambio: El requisito sobre gestion del cambio pretende garantizar que los cambios en un proceso no introducen inadvertidamente nuevos peligros o inconscientemente incrementan el riesgo de peligros existen. La gestion del cambio incluye un proceso de revisión y autorización para evaluar los ajustes propuestos al diseño, operación, organización o actividades de la facilidad antes de la implementación para asegurarse que no se introducen nuevos peligros imprevistos y que el riesgo de peligros existentes para trabajadores, público en general, y/o el medio ambiente no se incrementan inconscientemente. También se incluyen medidas para ayudar a asegurar que el personal potencialmente afectado es notificado del cambio y que los documentos pertinentes, tales como procedimientos, conocimiento de seguridad del proceso, y otra información clave, se mantiene vigente. Tener en cuenta como mínimo:						
13.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer una implementación consistente						
Involucrar personal competente						
Mantener prácticas MOC efectivas						
13.2 Identificar situaciones potenciales de cambio						
Definir el alcance del sistema MOC						
Gestionar todas las fuentes de cambio						
13.3 Evaluar los impactos posibles						
Proporcionar información de entrada adecuada para gestionar los cambios						
Aplicar rigor técnico adecuado para el proceso de revisión del MOC						
Asegúrese de que los colaboradores MOC tienen la experiencia y herramientas adecuadas						
13.5 Decidir si se permite el cambio						
Autorizar cambios						
Asegurar que quienes autorizan el cambio abordan cuestiones importantes						
13.6 Completar las actividades de seguimiento						
Actualizar registros						
Comunicar los cambios a los trabajadores						
Promulgar medidas de control de riesgo						
Mantener registros MOC						
14. Disponibilidad operacional: El requisito busca garantizar que los procesos de parada de planta son verificados previamente al re-arranque. Por tanto, considera la puesta en marcha de cualquier tipo o condición de parada y tiene en cuenta el tiempo que el proceso estuvo parado. Algunos procesos pueden ser suspendidos temporalmente, mientras que otros pueden haber sido objeto de una larga parada debido a labores de mantenimiento o modificación, o pueden incluso haber estado suspendidos de su actividad durante un período prolongado. Otros procesos pueden haber sido parados por razones administrativas, tales como la falta de demanda de los productos; o por razones no relacionadas con la producción; o como medida de precaución, por ejemplo, a causa de condiciones naturales. Además de la duración de la parada, este requisito considera el tipo de trabajo que puede haber sido llevado a cabo en el proceso						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
(por ejemplo, apertura de equipos o tuberías) con el fin de enfocar la revisión de la preparación antes de su puesta en marcha. Tener en cuenta como mínimo:						
14.1 Mantener prácticas confiables						
Garantizar su implementación en forma consiste						
Determinar los tipos y factores críticos para la práctica de preparación						
Determinar el alcance de las revisiones de preparación						
Involucrar a personal competente						
Garantizar que las prácticas de preparación siguen siendo efectivas						
14.2 Conducir revisiones apropiadas de preparación cuando se necesiten						
Suministrar aportes adecuados						
Involucrar los recursos y los trabajadores adecuados						
Aplicar un proceso de trabajo adecuado						
Realizar las demandas del requisito de forma diligente						
Crear evidencias de cumplimiento del requisito						
14.3 Tomar decisiones de inicio basadas en los resultados de preparación						
Considerar los temas importantes que afectan la puesta en marcha						
Comunicar las decisiones y acciones de la revisión de preparación						
14.4 Seguir las decisiones, acciones y los resultados de la preparación						
Promulgar medidas de control de riesgo						
Actualizar el conocimiento en la seguridad del proceso y registrar						
Mantener evidencias de trabajo del requisito						
15. Ejecución de operaciones: La conducción de las operaciones es la ejecución de las tareas operativas y de gestión de una manera espontánea y estructurada. A veces también se le llama "disciplina operacional" o "la formalidad de las operaciones", y está estrechamente ligada a la cultura de una organización. La conducción de las operaciones institucionaliza la búsqueda de la excelencia en el desempeño de todas las tareas y minimiza las variaciones en el desempeño. Se espera que los trabajadores en todos los niveles puedan llevar a cabo sus funciones en estado de alerta, en su debido pensamiento, conocimiento, buen juicio y sentido adecuado de orgullo y responsabilidad. Tener en cuenta como mínimo:						
15.1 Mantener prácticas confiables						
Definir los roles y responsabilidades						
Establecer estándares de desempeño						
Validar la efectividad del programa						
15.2 Control de actividades operativas						
Seguir los procedimientos escritos						
Seguir prácticas seguras de trabajo						
Utilizar trabajadores calificados						
Asignar los recursos adecuados						
Formalizar las comunicaciones entre los trabajadores						
Formalizar las comunicaciones entre turnos						
Formalizar las comunicaciones entre grupos de trabajo						
Adherirse a los límites seguros de operación y las condiciones limitantes para la operación						
Controlar el acceso y el nivel de ocupación						
15.3 Control del estado de sistemas y equipos						
Formalizar el responsable de equipos/ activos y los protocolos de acceso						
Monitorear el estado de los equipos						
Mantener buenas condiciones de orden y limpieza						
Mantener el etiquetado						
Mantener la iluminación						
Mantener los instrumentos y herramientas						
15.4 Desarrollar las habilidades y comportamientos requeridos						
Hacer énfasis en la observación y la atención al detalle						
Promover una actitud de cuestionamiento/aprendizaje						
Capacitar a los trabajadores para reconocer los peligros						
Capacitar a los trabajadores para la autoevaluación y la evaluación de pares						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Establecer normas de conducta						
15.5 Monitorear el desempeño organizacional						
Mantener la rendición de cuentas						
Esforzarse por mejorar continuamente						
Mantener la aptitud para el deber						
Llevar a cabo inspecciones de campo						
Corregir las desviaciones de inmediato						
16. Gestión de emergencias: La gestión de emergencias incluye (1) la planificación para respuesta ante posibles emergencias, (2) la provisión de recursos para ejecutar el plan, (3) practicar y mejorar continuamente el plan, (4) Entrenar o informar a los trabajadores, contratistas, vecinos y autoridades locales sobre qué hacer , cómo van a ser notificados, y cómo reportar una emergencia, y (5) la comunicación efectiva con las partes interesadas en caso de que ocurra un incidente. Tener en cuenta como mínimo:						
16.1 Mantener prácticas confiables						
Desarrollar un programa escrito						
Designar un propietario y definir sus funciones y responsabilidades						
Definir el alcance del programa						
Involucrar a personal competente						
16.2 Prepararse para emergencias						
Identificar escenarios de accidentes basado en peligros						
Evaluar escenarios de accidentes creíbles						
Seleccionar los escenarios de planificación						
Planificar las acciones de respuesta defensivas						
Planificar las acciones de respuesta ofensivas						
Desarrollar planes de respuesta ante emergencia por escrito						
Proporcionar instalaciones físicas y equipos						
Mantener/Probar las facilidades y equipos						
Determinar cuando la respuesta del operador de la unidad es adecuada						
Capacitar a los miembros del Equipo de Respuesta a Emergencias (ERT)						
Planificar las comunicaciones						
Informar y entrenar a todos los trabajadores						
Revisar periódicamente los planes de respuesta ante emergencia						
16.3 Pobrar periódicamente la adecuación de planes y el nivel de preparación						
Llevar a cabo simulacros de respuesta y evacuación de emergencias						
Realizar ejercicios de mesa o escritorio						
Practicar las comunicación de crisis						
Evaluar los resultados de los ejercicios, simulacros y respuestas reales						
Llevar a cabo evaluaciones y auditorías						
Abordar conclusiones y recomendaciones						
IV. Aprendizaje a partir de la experiencia						
17. Investigación de incidentes: La investigación de incidentes es un proceso para el reporte, el seguimiento y la investigación de incidentes que incluye (1) un proceso formal para la investigación de incidentes, involucra el personal staff para realizar, documentar y hacer seguimiento a las investigaciones de incidentes de seguridad del procesos y (2) las tendencias de los datos de los incidentes y de la investigación de incidentes para identificar incidentes recurrentes. Este proceso también gestiona las acciones y documentación de las recomendaciones generadas por las investigaciones. Tener en cuenta como mínimo:						
17.1 Mantener una notificación de incidentes confiable, así como, la realización de las investigaciones (Implementar consistentemente el programa en toda la empresa)						
Definir un alcance apropiado para el elemento investigación de incidentes						
Involucrar personal competente						
Monitorear las prácticas de investigación de incidentes para lograr la mayor efectividad						
17.2 Identificar los incidentes potenciales para investigarlos						
Garantizar que todos los incidentes son reportados						
Iniciar las investigaciones con prontitud						
17.2 Usar técnicas apropiadas para investigar incidentes						

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
Interfaz con el elemento de la gestión de emergencias						
Utilice métodos eficaces de recolección de datos						
Use técnicas adecuadas para el análisis de datos						
Investigar las causas a una profundidad apropiada para descubrir las causas raíz						
Exigir rigor técnico en el proceso de investigación						
Proporcionar personal de investigación con experiencia y herramientas adecuadas						
Desarrollar recomendaciones efectivas						
17.3 Documentar los resultados de investigaciones de incidents (Preparar los informes de investigación de incidents)						
17.4 Da seguimiento a los resultados de las investigaciones						
Resolver recomendaciones						
Comunicar los hallazgos internamente						
Comunicarlos hallazgos externamente						
Mantener registros de las investigaciones de incidentes						
17.5 Tendencia de datos para identificar la repetición de incidentes que garanticen la investigación						
Registrar todos los incidentes reportados						
Analizar las tendencias de incidentes						
18. Medición e indicadores: *El requisito métricas establece los indicadores de desempeño y eficiencia para monitorear la efectividad en tiempo casi real del sistema de gestión RBPS, sus requisitos constitutivos y las actividades de trabajo. Este requisito considera los indicadores a tener en cuenta, con qué frecuencia recopilar los datos, y qué hacer con la información para ayudar a garantizar el funcionamiento efectivo del sistema de gestión RBPS. A menudo la mejor manera de proporcionar una imagen completa de la efectividad del sistema de gestión de seguridad de procesos es una combinación de los indicadores predictivos y retrospectivos. La orientación con los resultados de los indicadores retrospectivos, tales como las tasas de incidentalidad, no son lo suficientemente sensibles y por tanto no son útiles para la mejora continua de los sistemas de gestión de seguridad de procesos porque algunos incidentes ocurren con muy poca frecuencia. El desempeño de la medición de la gestión de seguridad de procesos requiere el uso de indicadores predictivos, tales como la tasa de actividades de apertura de líneas realizadas de forma inadecuada. Tener en cuenta como mínimo:*						
18.1 Mantener prácticas confiables						
Establecer una implementación consistente						
Determinar los factores desencadenantes para la recopilación y reporte de informes de indicadores						
Asegurar que el alcance de los indicadores es apropiado						
Involucrar personal competente						
Mantener prácticas de indicadores efectivas						
18.2 Conducta en la adquisición de indicadores						
Implementar los indicadores del requisito apropiados						
Recopilar y actualizar los indicadores						
Resumir y comunicar los indicadores en un formato útil						
18.3 Usar los indicadores para definir acciones correctivas al requisito						
Utilice los indicadores para mejorar los requisitos del RBPS						
19. Auditorías: *El requisito auditoría tiene por finalidad evaluar si los sistemas de gestión se están implementando según lo previsto. Complementa otras actividades de control y monitoreo del RBPS de otros requisitos tales como revisión por parte de la gerencia, indicadores y actividades de trabajo de inspección que son parte de los requisitos sobre integridad de activos y conducta operacional. El requisito de auditoría comprende un sistema para la programación, la dotación, la realización efectiva, y la documentación de las evaluaciones periódicas de todos los requisitos del RBPS, así como el suministro de sistemas para la gestión de hallazgos y las acciones correctivas generadas por las auditorías. Tener en cuenta como mínimo:*						
19.1 Mantener prácticas confiables						
Garantizar una implementación consistente						
Identificar cuando se requiere una auditoria						
19.2 Realizar actividades de trabajo del elemento						
Prepararse para la auditoría						
Determinar el alcance y el cronograma de la auditoría						
Armar el equipo						
Asignar responsabilidades						
Recopilar información avanzada						

Requisito y evidencias de cumplimiento	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Planear actividades en el sitio						
Llevar a cabo la auditoría						
Documentar la auditoría						
Abordar conclusiones y recomendaciones de la auditoría						
19.3 Utilizar Auditorías para la mejora de la efectividad RBPS						
Monitorear la maduración del RBPS en el tiempo para cada facilidad						
Compartir las mejores prácticas						
20. Revisión de la gestión y mejoramiento continuo: La revisión de la gestión es la evaluación de rutina para ver si los sistemas de gestión se están realizando según lo previsto y producir los resultados deseados de la manera más eficientemente posible. Es la revisión de la gerencia la "debida diligencia" la cual pretende cerrar las brechas entre las actividades del día a día y las auditorías formales periódicas. La revisión de la gestión es similar a un doctor que realiza un examen físico de rutina aún cuando no hay signos evidentes de que la enfermedad está presente, las condiciones que amenazan la vida pueden estar en desarrollo y se tratan mejor de manera proactiva. La revisión de la gestión que realiza la gerencia tiene muchas de las características de una auditoría de primera parte. Requieren un sistema similar para programar, dotar de recursos y evaluar de manera efectiva todos los requisitos del RBPS y un sistema que permita establecer la implementación de cualquier plan de acciones correctivas y verificar su efectividad que mejoren la gestión. Tener en cuenta como mínimo:						
20.1 Mantener prácticas confiables						
Definir los roles y responsabilidades						
Establecer estándares de desempeño						
Validar la efectividad del programa						
20.2 Conducir actividades de revisión						
Prepararse para la revisión						
Determinar el alcance de la revisión						
Programar la revisión						
Recopilar información						
Preparar una presentación						
Llevar a cabo la revisión						
Documentar la revisión						
Abordar conclusiones y recomendaciones de las revisiones						
20.3 Monitorear el rendimiento de la organización						
Esforzarse por la mejora continua						
Llevar a cabo inspecciones sobre el terreno						

Fuente: Adaptación hecha por el autor a Center for Chemical Process Safety, 2016, p. 8-34

Hoja dejada intencionalmente en blanco

***Luis Emiro Cabrera Pinto**, es Ingeniero de Petróleos de la Universidad Surcolombiana (1996), especialista en Ingeniería Ambiental de la Universidad Surcolombiana (2007), máster en Seguridad y Salud en el Trabajo del Instituto Europeo de Posgrado (2015) y especialista en Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo de la Corporación Universitaria UNITEC (2021); adicionalmente, ha realizado diversos estudios y trabajos en gestión de riesgos del sector petrolero, cuenta con experiencia de más de 20 años liderando y coordinando procesos de seguridad, salud, medio ambiente y calidad con base en el ciclo P-H-V-A, tiene conocimiento y experiencia en la implementación de normas internacionales sobre sistemas de gestión conforme a estándares ISO, normas de buenas prácticas de la industria tales como API, NFPA, OSHA, seguridad de procesos basada en riesgos - RBPS del CCPS, continuidad del negocio y Registro Único de Contratistas del sector hidrocarburos - RUC. Así mismo, cuenta con experiencia en planeación, implementación, ejecución y auditoría de sistemas de gestión integral - SGI, identificación de peligros y aspectos ambientales, así como, análisis, evaluación y tratamiento de riesgos e impactos ambientales significativos mediante diversas técnicas. Ha realizado estudios de impacto ambiental - EIA, informes de cumplimiento ambiental - ICA, planes de manejo ambiental - PMA, análisis de vulnerabilidad y planes de respuesta ante emergencias y contingencias, y protocolos de bioseguridad, conforme a normas y legislación nacional, y regulaciones y estándares internacionales.*

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA
UNITEC

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada **Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia**, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

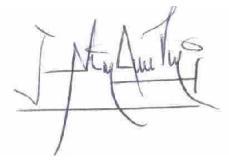
La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma



Nombre Luis Emiro Cabrera Pinto
CC. 93.387.464 de Ibagué