

**FORMULACIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA
CUALIFICACION DE LA SEGURIDAD Y RIESGOS
TECNOLÓGICOS EN PROYECTOS PARA LA INDUSTRIA.
CASO: PROYECTO COMINSI “ZONA 2”**

**Por
Francisco R. Bonive A.**

**Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en Gestión de Recursos
Naturales Renovables y Medio Ambiente (con énfasis en Estudios de Impacto
Ambiental)**

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E
INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA
MARZO, 2015**

**FORMULACIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA
CUALIFICACION DE LA SEGURIDAD Y RIESGOS
TECNOLÓGICOS EN PROYECTOS PARA LA INDUSTRIA.
CASO: PROYECTO COMINSI “ZONA 2”**

**Por
Francisco R. Bonive A.**

**Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en Gestión de Recursos
Naturales Renovables y Medio Ambiente (con énfasis en Estudios de Impacto
Ambiental)**

www.bdigital.ula.ve

**Miguel Cabeza D.
Tutor**

**Kretheis Márquez
Co-Tutor**

**José A. Pérez Roas
Asesor**

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E
INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA
MARZO, 2015**

C.C.Reconocimiento

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Agradecimientos	i
Índice de Contenido	ii
Listado de cuadros y tablas	iv
Listado de Figuras	v
Resumen	vi
CAPITULO 1: INTRODUCCION	7
1.1 El problema	9
1.2 Formulación del Problema	10
1.3 Objetivos de la Investigación	11
1.4 Justificación	12
1.5 Alcances	12
1.6 Limitaciones	13
CAPITULO 2: MARCO TEORICO	15
2.1 Antecedentes	15
2.1.1 Investigaciones sobre Análisis de Riesgos en la Industria y sus comparaciones	15
2.1.2 Investigaciones enfocadas en el ámbito de la formulación de lineamientos sobre la seguridad y riesgos en proyectos industriales	17
2.1.3 Iniciativas orientadas a la intervención del riesgo tecnológico en medios urbanos	18
2.1.4 Evaluación del riesgo de accidentes químicos detonados por fenómenos naturales (natural disaster –triggered chemical accidents –Natechs-)	24
2.1.5 Iniciativas en Venezuela para el diagnóstico, caracterización e intervención del Riesgo Tecnológico	24
2.1.6 Desastres Tecnológicos en el Mundo	26
2.1.7 Desastres Tecnológicos en Venezuela	25
2.2 Marco teórico	34
2.2.1 Filosofía de Diseño Seguro	38
2.2.2 Etapas y fases de vida de un proyecto industrial	41
2.2.3 La Gestión de los Riesgos en los Proyectos	43
2.2.4 Complementariedad de lineamientos	79
2.3 Descripción general del área de estudio	80
CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO	87
3.1. Etapa I: Preliminar	87
3.2 Etapa II: Exploratoria	89
3.2.1 Identificación de lineamientos metodológicos para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria	89
3.2.2 Validación preliminar de lineamientos metodológicos para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria	90
3.3 Etapa III: Formulación	92
3.3.1 Explicación de lineamientos definidos para la conformación e implementación del instrumento de medición	92
3.3.1.2 Fase I, La planificación	92
3.3.1.2. Fase II, Identificación de Riesgos	93

3.3.1.3. Fase III, Análisis Cualitativo de Riesgos.....	94
3.3.1.3. Fase IV, Análisis Semicuantitativos y Cuantitativos de Riesgos.....	98
3.3.1.4. Fase V, Respuesta a los Riesgos.....	98
3.3.1.5. Fase VI, Seguimiento y Control de Riesgos.....	98
3.4 Etapa IV: Final.....	99
3.4 Validación final de los lineamientos definidos para la conformación e implementación del instrumento de medición de la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria, caso: proyecto COMINSI “zona 2”.....	99
CAPITULOIV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	101
4.1 Resultados de la etapa I (preliminar), II (exploratoria) y III (formulación), Lineamientos Preliminares para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la	101
4.2 Ejecución final de la implementación de los lineamientos de la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria, caso: proyecto COMINSI “zona 2”.....	102
4.2.1. Planificación de la ejecución del instrumento.....	102
4.2.2. Identificación de riesgos en la Zona 2 del COMINSI, como función de Amenazas y Consecuencias.....	104
4.2.3. Resultado de la valoración cualitativa de los riesgos por la matriz amenaza vs consecuencias.....	114
4.2.4. Resultado de la valoración cuantitativa de riesgos.....	126
4.2.5. Resultado sobre el plan de respuesta a los riesgos.....	126
4.2.6. Resultado sobre el plan de seguimiento y control de riesgos.....	132
4.3 Lineamientos Metodológicos Definitivos para la Cualificación de la Seguridad y Riesgos Tecnológicos en proyectos para la Industria.....	133
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
5.1 Conclusiones.....	135
5.2 Recomendaciones.....	136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	141

LISTADO DE CUADROS Y TABLAS	Pág.
2.1. Algunos de los grandes accidentes químicos, durante 1974-2012.....	26
2.2. Ejemplo de APR.....	57
2.3. Ejemplo de Resultado de la Fabricación de PAD.....	61
2.4. Formato de recolección de datos en las sesiones HAZOP.....	66
2.5. Matriz comparativa de las cinco técnicas seleccionadas vs las fases de la etapa de planificación de un proyecto.....	71
2.6. Matriz de complementariedad de Lineamientos de los trabajos revisados.....	80
2.7. Componentes Institucionales de Complejo COMINSI.....	82
3.1: Registro de Identificación de Amenazas y consecuencias.....	93
3.2: matriz de valoración de riesgos.....	96
3.3. Tabla de valoración del riesgo y actividades de respuesta.....	97
4.1: Cuadro de Identificación de riesgos preliminares en la fase de construcción.....	115
4.2: Cuadro de Identificación de riesgos preliminares en la Fase de Operación.....	116
4.3: Cuadro de valoración de riesgos preliminares en la fase de construcción.....	118

4.4: Tabla de valoración de riesgos preliminares en la Fase de Operación.....	119
4.5. Adiestramiento a Todo el Personal.....	127
4.6. Adiestramiento a los equipos EPR, ECO, ECD y EAM.....	127

LISTADO DE FIGURAS

2.1. Diagrama de flujo de un proceso de diseño seguro en la fases de un proyecto.....	39
2.2. Ciclo de Vida de un Proyecto.....	41
2.3. Gestión de Riesgos de un Proyecto.....	46
2.4 Tabla comparativa entra las etapas de vida de un proyecto de planta vs tecnicas de Analisis de Riesgos.....	50
2.5. Tabla comparativa entra las etapas de vida de un proyecto vs tecnicas de Analisis de Riesgos.....	51
2.6. Vista de la ubicación relativa de Área de la Zona 2, en la poligonal del COMINSI.....	84
2.7. Vista del Área de la Zona 2.....	85
2.8. Vista del conjunto de implementación de las nuevas edificación.....	86
3.1. Diagrama de flujo de la metodología de trabajo.....	88
4.1. Matriz comparativa resultante de cotejar las etapas de vida de un proyecto vs tecnicas de Analisis de Riesgos.....	101
4.2. Lineamientos Preliminares formulados a partir de la fase preliminar, exploratoria y formulación.....	102
4.3. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de construcción sin premisas.....	120
4.4. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de operación sin premisas.....	121
4.5. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de construcción sólo con PSHA.....	121
4.6. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de operación sólo con PSHA.....	122
4.7. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de construcción con premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).....	123
4.8. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de operación con premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).....	123
4.9. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de construcción sin premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).....	124
4.10. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de operación sin premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).....	125
4.11. Gráfico de Sensibilidad de Riesgos.....	125
4.12. Representación de la organización de la activación de los planes según las áreas de acción.....	127
4.13. Estructura organizativa detallada para la respuesta de emergencias.....	127
4.14. Esquema de la organización del seguimiento y control de los riesgos.....	132
4.15. Lineamientos definitivos obtenidos a partir de la fase IV, evaluando el caso.....	133

LISTADO DE FOTOS

2.1. Fotos del desastre en la Planta PEPCON, Nevada y Planta MagnaBlend Texas	28
2.2. Foto de Cilindro de cloro fracturado. Tragedia de Clarines.....	31
2.3. Fotos de Secuencia de explosiones desarrolladas en los depósitos de CAVIM, Maracay.	32
2.4. Foto desde las comunidades aledañas al patio de tanques.....	33

LISTADO DE IMAGEN

2.1. Imagen Secuencia de expansión de la nube de olefinas por el Patio Tanque 23.....	33
---	----

RESUMEN

Los riesgos tecnológicos son inherentes a toda actividad que realice para obtener productos industriales, por consiguiente la gestión de estos riesgos debe estar intrínsecamente incluida en los proyectos industriales, como filosofía del diseño seguro, en todas las fases de planificación de cualquier proyecto, y se vea plasmado en las fases de ejecución. La formulación de lineamientos que permitan una mejor gestión del riesgo, mejorando la elección del tipo de técnica de análisis cualitativo de riesgo para la fase que se encuentre un proyecto industrial fue la base de este trabajo. En esta investigación se compararon las diferentes técnicas de análisis cualitativo de riesgos con los estadios de vida de un proyecto, tanto en la etapa de planificación, como en la etapa de ejecución; con trabajos previos de comparación y estudio propio se determinó que las técnicas con mas rango de usos fueron: lista de comprobación, ¿qué pasa si?, HAZOP, análisis preliminar de riesgos y análisis de causa/consecuencias. Comparando trabajos previos se establecieron los lineamientos preliminares del trabajo, divididos de 6 fases, las cuales fueron ejecutadas en el caso de estudio, correspondiente a la zona 2 de Complejo Industrial Santa Inés (COMINSI), validando los lineamientos en nuevos y definitivos divididos en igual fases: planificación, identificación de riesgos, análisis de riesgos cualitativos, análisis cuantitativo de riesgos, plan de respuestas y planes de seguimiento y control. Se determinó que el complejo está en la etapa de planificación de detalle y ya hay ejecución de obra, está concebido con la premisa de la filosofía del diseño seguro y se encontraron vacios en los planes de respuestas y de seguimiento. La valoración de los riesgos en la fase de ejecución, tanto de construcción y de operación, dio baja, implicando las premisas del diseño seguro. Cabe destacar que si no se toma esta filosofía en la ejecución, los valores saltarían a moderado alto y sería inaceptable, esto se visualizó por medio de un estudio de sensibilidad a los riesgos sin premisas, sin premisas y solo planes de seguridad ocupacional (PSHA), y el efecto de las instalaciones vecinas a las edificaciones. En el trabajo se recomendó la elaboración de futuros planes de seguimiento y de respuesta planteados.

Palabras claves: Riesgos, Cualitativos, Lineamientos, Proyectos, PDVSA, COMINSI

CAPITULO 1.

INTRODUCCIÓN.

La rapidez del crecimiento evolutivo de la tecnología y de la demanda de productos que ha experimentado la industria química, ha generado el aumento de complejos multicomponentes para aumentar el rendimiento productivo. Esto ha provocado un aumento de la probabilidad de ocurrencia de grandes eventos inesperado con un notable impacto sobre los equipos, el ambiente y en las personas de las comunidades en los alrededores del área de emplazamiento de las industrias. Motivado a los grandes accidentes catastróficos sucedidos a nivel mundial, como los accidentes e incidentes a nivel nacional, se ha originado la necesidad de desarrollar metodologías más estructuradas que logren analizar los riesgos que puedan causar un accidente catastrófico. Estos eventos pueden evitarse si se identifican a priori, y se toman a tiempo las medidas de control consideradas, tales como, uso de las normas de seguridad, normas de diseño, seguridad intrínseca y las experiencias de operadores y mantenedores.

Los riesgos de estas actividades están relacionados con las características peligrosas de las sustancias o productos utilizados (inflamables, tóxicos o explosivos), con las condiciones de trabajo (temperatura, presión,...) y con el elevado volumen de producción necesario para satisfacer la demanda cada vez mayor del mercado. Estos riesgos también pueden materializarse en accidentes como consecuencia de errores humanos, fallos materiales, aparición de condiciones imprevistas o desviación de las variables de proceso, eventos naturales, entre otros.

Las industrias en Venezuela, y en particular las químicas asociadas a las de refinación de crudo y petroquímica, presentan un fenómeno de crecimiento poblacional en las adyacencias de las plantas, como ocurre en el resto de los países en vías al desarrollo. Esto sucede por dos procesos definidos; el primero, cuando el diseño original de las instalaciones industriales se coloca en el borde urbano de las ciudades, con el crecimiento anárquico que caracterizan a estas comunidades, hacen que, en muy pocos años, los

espacios urbanos lleguen a ocupar las zonas de seguridad de las instalaciones; las dinámicas de la informalidad como movilizador urbano en su búsqueda de supervivencia, pasa por encima de los mal ejecutados lineamientos de planificación territorial y ambiental en los que los actores responsables de la administración de las ciudades ponen sus mayores esperanzas. El segundo, cuando esa misma industria se transforma de inmediato en un ente aglutinador de actividades económicas marginales que invitan a que en sus cercanías se ubiquen asentamientos no controlados que, con el pasar del tiempo, se van consolidando y terminan convirtiéndose en pequeñas caseríos que pueden ser afectadas por cualquier tipo de riesgo tecnológico proveniente de la industria.

Lo antes expuesto ha propiciado la existencia de importantes esfuerzos orientados a caracterizar los riesgos tecnológicos de los procesos involucrados y a proponer métodos para la reducción de los mismos, con sus respectivos planes de seguimientos y acciones de mejora continuas, basados en un conjunto de indicadores de gestión (Ugas, 2008 y Lobo, 2010). Sin embargo, estos trabajos metodológicos han sido en su mayoría orientados estrictamente a los actores que desarrollan sus actividades dentro de la industria, “cerca adentro”, además que las reevaluaciones de nuevos riesgos en la vida de un proyecto industrial se hace engorrosos o simplemente no se realizan. Debido a esto surge la necesidad de generar unos lineamientos metodológicos que logren asegurar una adecuada definición y planificación de los proyectos industriales asociado a la vida de este.

La Industria Petrolera Nacional (PDVSA), en su plan “Siembra Petrolera 2006-2012”, contempla proyectos de nuevas refinerías ubicadas estratégicamente en todo el desarrollo de la Faja Petrolífera del Orinoco, las cuales serian: Refinería Batalla de Santa Inés, Refinería Cabruta, Refinería Caripito y Complejo de Procesamiento de Crudo Extra Pesado (CPCEP). Todos esto caracterizan a centros industriales que van a ser polos de atracción de actividades económicas extra planta, y si no caracterizan los riesgos y las áreas significativamente susceptible, se repetirá la aparición de cordones poblacionales vulnerables ante cualquier evento de estas refinerías.

1.1. El problema.

Existe un problema expresado en que los análisis de riesgos en su mayoría son considerados “estáticos”, porque no se adaptan a las fases de los proyectos industriales, se hacen engorrosos en su aplicabilidad al aparecer nuevos elementos de riesgos en el avance de las operaciones, mantenimientos y cierre. En una gestión de riesgos de un proyecto industrial se hace necesario lineamientos prácticos para el diagnósticos de los riesgos usados en los planes de prevención, mitigación, contingencia, seguimiento, así como para los programas de capacitación y estudios de impactos ambientales, además de las comunidades e instituciones que rodean dichas instalaciones (a las que la industria se refiere como “terceros”) ajenas a los lineamientos de los planes mencionados, es decir, se les niega con frecuencia el derecho de conocer las implicaciones que, desde el punto de vista del riesgo, tiene el convivir con una industria al lado.

Gran cantidad de los procesos industriales son inherentemente riesgosos, en estos procesos se usan o se generan típicamente materiales tóxicos, inflamables o reactivos, y muchas veces a temperaturas y presiones altas; y por consiguiente estas condiciones conducen a la probabilidad de generar consecuencias o problemas operacionales, que requieren de técnicas especiales para ser detectados, evitados y minimizados.

Las industrias en general deben por norma desarrollar sus actividades de trabajo en las condiciones que le permitan mantener la integridad del personal propio o contratado, sus instalaciones y equipos, evitando la contaminación del medio ambiente y reduciendo los riesgos a terceros (LOPCYMAT,2005). La seguridad de cualquier instalación industrial debe ser discutida como parte del diseño en el proceso y de los equipos, en vez de depender al final de controles e instrucciones complejas de operación. Aceptando que una complejidad excesiva de los análisis de riesgos conlleva a la confusión, el requerimiento de buenos criterios de ingeniería e intenso trabajo para hacer las cosas simples resulta excesivo durante el transcurso de un proyecto industrial, pero el esfuerzo invertido puede ser altamente recompensado en términos de gestión de instalaciones inherentemente seguras.

Basados en esta necesidad se considera en este trabajo un estudio para el desarrollo de lineamientos metodológicos que permitan evaluar el grado de definición y planificación de un proyecto en gestión de riesgos durante toda su vida, para cualquier proyecto, como de los proyectos desarrollados por la gerencia de ingeniería de PDVSA, en específico el proyecto COMINSI (Complejo Industrial Santa Inés), La zona 2, correspondiente a las Edificaciones Administrativas; con el objeto de reducir riesgo en la implantación y garantizar la calidad en el producto final, aumentando la probabilidad de éxito del proyecto.

1.2. Formulación del Problema

Las interrogantes que surgen para la necesidad planteada se pueden expresar de la siguiente manera:

- ¿Cuáles son las técnicas de análisis de riesgo más usadas en la industria?
- ¿Se puede relacionar las técnicas de análisis de riesgos con las etapas de la vida de un proyecto?
- ¿Se podrá desarrollar lineamientos metodológicos que se adecuen a la Gestión de Riesgo expresada por Project Managementt Institut (PMI) que valore el grado de definición de un proyecto y su subsecuente análisis de riesgo.
- ¿Los lineamientos Preliminares en el análisis propuesto serán aplicables a un caso de estudio?
- ¿Se podrá extender estos lineamientos definitivos para la caracterización de riesgos en los EIA?

Siendo el problema central de este trabajo, el desarrollo de los lineamientos definitivos que permitan un análisis de la seguridad y riesgos, de la sensibilidad en los proyectos desarrollados por la Gerencia de Ingeniería de PDVSA para el Plan Refinador de la Siembra Petrolera 2006-2012, caso el proyecto COMINSI, zona 2 a los riesgos inherentes.

1.3. Objetivos de la Investigación.

1.3.1. Objetivo General.

Contribuir con el fortalecimiento institucional y comunitario proponiendo lineamientos metodológicos basados en los análisis cualitativos de riesgos existentes y en las normas y procedimientos legales e internos relativos a seguridad, higiene y salud ocupacional, para la planificación en los Proyectos Industriales, incluyendo los desarrollados por la Gerencia de Ingeniería de PDVSA, los protocolos de prevención y contingencia que asocie integralmente los diferentes actores de los complejos industriales.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Describir y explicar las técnicas de análisis cualitativos de riesgos para el diseño de plantas industriales Seguras.
- Desarrollar los lineamientos preliminares planteados y de los indicadores valorados en la técnica del análisis de riesgos en proyectos industriales
- Aplicar los lineamientos preliminares al caso del Proyecto de la Zona 2, del Complejo Industrial Santa Inés.
- Formular lineamientos definitivos.

1.4. Justificación.

A partir de los principales accidentes catastróficos sucedidos a nivel mundial como fueron. Feyzin (1966), Flixborough (1974), San Juan Ixauatepec (1984), Bhopal (1984), Chernobil (1985), Piper Alfa (1988), Unizar (2006), y Fukushima (2011), ocurrieron pérdidas humanas, daños de las instalaciones y al ambiente, que tuvieron efectos a terceros; de los cuales se ha apoyado la necesidad de desarrollar metodologías más elaboradas que permitan determinar la condición de riesgo en caso de que un equipo tenga un funcionamiento defectuoso, por error humano, por eventos naturales, se genere eventos asociados a estos

accidente catastróficos. Las consecuencias de estos accidentes pudieron evitarse si se hubiesen identificado en su debido tiempo, tomándose las medidas de ingeniería correspondientes al caso. Por este motivo, se hace necesario considerar los riesgos en su totalidad durante las fases del desarrollo de los proyectos de ingeniería, por medio de las técnicas de identificación y pre-evaluación de riesgos (cualitativos), técnicas de evaluación de riesgos (cuantitativos) y técnicas de control y seguimientos de riesgos. Los proyectos industriales, deben ser algo más que simplemente diseño y montaje, tomando el aspecto técnico solamente, y deberían tener desde su concepción ofrecer una serie de condiciones ambientales y de seguridad suficientes que garanticen la integridad en su totalidad del personal y de las instalaciones, equipos e comunidades aledañas.

Todo proyecto implantado que tome en cuenta los criterios de seguridad, es resultado de un detallado análisis por un equipo multidisciplinario, y debido a esto su concepción, definición, desarrollo e implantación tendrá en su horizonte la calidad de las condiciones que el proyecto presentará. Las normativas nacionales e internacionales, como también las políticas de PDVSA obligan el acatamiento de los estándares de seguridad en los diseños de los proyectos que se desarrollan, por consiguiente esto provoca que se tenga que evaluar más profundamente los criterios de seguridad en los proyectos industriales, en las etapas antes de la implementación.

1.5. Alcances.

El alcance de este trabajo se puede expresar dentro de la visión de la gestión integral de riesgo, como una contribución que podrá ser utilizada en la mejor caracterización y definición del análisis de riesgos, para la gestión de los mismos, tanto inter como extra en los proyectos industriales, y que puedan usarse en proyectos de PDVSA, en especial en los complejos asociados a la refinación. La presente investigación abarca la revisión de las técnicas normalmente usadas en los análisis cualitativos de los riesgos en proyectos industriales, se contempló la comparación de los criterios que componen las técnicas de análisis, para el desarrollo de una técnica matricial que permita establecer el grado de sensibilización a los riesgos de un proyecto industrial y que forme parte de los

lineamientos formulados para ejecutarse de manera expedita. Estos lineamientos contemplan todos los estadios de planificación de los proyectos antes de la implantación además de los elementos necesarios para lograr la calidad en el producto final.

Los componentes a formular se podrán extrapolar preliminarmente a cualquier proyecto de la industria durante cualquier fase de su desarrollo, adicionando además a las comunidades aledañas a sus áreas de seguridad dentro de los planes de prevención, de mitigación, de emergencia y de contingencia.

1.6. Limitaciones.

Las limitaciones de este trabajo son varias, en primer lugar las propias de las técnicas de análisis de riesgos industrial (Casal, J. 2000), las cuales son cinco, y son las siguientes:

- **La exhaustividad de los estudios:** no hay posibilidad de verificar que todas las posibles desviaciones y fallos del sistema hayan sido identificados. Tampoco puede verificarse que las causas y efectos de los accidentes potenciales pueden ser considerados. Finalmente, tampoco puede asegurarse que la valoración de los incidentes y sucesos identificados sea la más conveniente.
- **La reproducibilidad de los resultados:** el mismo estudio llevado a cabo en idénticas condiciones por diferentes especialistas da resultados distintos. La carga de subjetividad de los estudios hace que estos sean difícilmente reproducibles.
- **Lo inexplicable de las conclusiones:** la cantidad de documentación generada por el estudio y la falta de detalles importantes que sólo se materializan en la comunicación verbal de las sesiones de trabajo, hacen los análisis relativamente difíciles de interpretar.
- **La importancia de la experiencia:** todas las técnicas de análisis desde las listas de control hasta el HazOp, están basadas en mayor o menor grado en la experiencia adquirida y en la creatividad del analista.

- **El nivel de confianza generado por los estudios:** la subjetividad introducida en la valoración de los sucesos identificados puede generar cierto escepticismo respecto a los resultados de los estudios.

Aun con las limitaciones aparentes de las técnicas de análisis de riesgos industriales presentados, cabe señalar su gran versatilidad y su amplia utilización. En efecto, la experiencia demuestra que en una gestión riesgo adecuada, basada en un análisis correcto, como su valorización y definición, hace que los números de incidentes y accidentes tiendan a reducirse paralelamente a la disminución de la magnitud de sus consecuencias.

En segundo lugar están las limitaciones de índole institucional que puedan surgir a lo largo de la aplicación de los lineamientos en el caso de estudio, en cuanto a obtención de la data completa del caso de estudio por parte de la industria, en este caso PDVSA. La tercera limitante podría ser la no implementación de los lineamientos formulados para los proyectos por la misma industria, debido a falta de interés y voluntad de la gerencia de planificación del proyecto.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 2

MARCO TEÒRICO

2.1. Antecedentes.

Para el desarrollo de la investigación, es fundamental hacer un diagnóstico que identifique algunos aportes que han sido desarrollados para contribuir con la formulación de lineamientos para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos industriales, sirviendo estos como bases para el fortalecimiento del presente estudio. Por esta razón a continuación se hace referencia de algunos aportes enfocados en el análisis de riesgos tecnológicos en proyectos industriales, formulación de lineamientos y otros en el ámbito de la industria en Venezuela:

2.1.1. Investigaciones sobre Análisis de Riesgos en la Industria y sus comparaciones metodológicas.

Jiménez y Cuesta, (2000), en su trabajo sobre el proceso de análisis jerárquico (A. H. P.) se centra en la valoración de los riesgos de un proyecto y aplicándolo en particular a la implantación de un Proyecto Informático. El A.H.P es un sistema flexible de metodología de análisis de decisión multicriterio, para ayudar a la toma de decisiones, formulando el problema de decisión de un modo lógico y racional, pudiendo ser aplicado a diferentes campos. Normalmente al realizar o implantar un proyecto no se logra alcanzar las metas programadas, debido a las incertidumbres iniciales. Los incumplimientos más comunes son: en tiempo, presupuesto superior al original y en los objetivos de calidad del proyecto. Esto se debe a la falta de conocimiento para analizar y contabilizar los posibles riesgos en su realización, sin la anticipación debida.

Morales, R., G. Camps y J. García. (2008) realizaron un trabajo titulado, *“Análisis de riesgo aplicado a la planeación de la producción de petróleo en la Región Marina”* ubicada en México. Donde la presencia de variables inciertas en el proceso de planeación de la producción, genera desviaciones entre los programas de producción planeados y el

volumen de producción real obtenido afirmando que esta situación, origina un constante desequilibrio presupuestal y operativo. Por ello, la Gerencia de Planeación de la RMSO (Región Marina Suroeste) de PEP (PEMEX Producción y Explotación) y el Instituto Mexicano del Petróleo desarrollaron un proyecto de investigación y análisis de incertidumbre y riesgo aplicado al proceso de planeación de la producción para identificar, analizar y cuantificar los eventos inciertos que afectan a este proceso, a fin de incluir el efecto potencial de las variables inciertas en el cálculo del pronóstico de producción y mejorar los niveles de confiabilidad en el proceso.

Zapata, (2006). En su trabajo titulado, “*Metodología para la Medición de la seguridad y riesgo en los Proyectos de la Gerencia de Ingeniería y Medio Ambiente de SIDOR*”, elabora una metodología que permite medir el grado de definición y planificación en los proyectos desarrollados por la Gerencia de Ingeniería y Medio Ambiente de SIDOR, y para el logro de sus objetivos el autor realizó revisiones bibliográficas, luego conformó los elementos que tendrían las secciones de la herramienta, cruzó los elementos de la herramienta PMI plasmada en el Project Management Body of Knowledge (PMBOK, 2004) con los elementos de Seguridad y Riesgos en los proyectos, la información fue revisada por personal experto. La metodología resultante fue compuesta por cuatro secciones, dentro de las cuales existen 115 elementos, el autor afirma que el uso de las herramientas de Análisis alineadas al desarrollo de un proyecto usándola como una lista de verificación, garantizará todos los aspectos relevantes que conduzca a obtener proyectos con la calidad y seguridad exigida.

Torres, V., A. López y A. Carbonell. (2012), en su artículo llamado, “*Propuesta Metodológica para el Análisis de Riesgo dentro de los Planes de Prevención*”, propone una metodología de análisis de riesgo que parte de matrices de riesgo y ha sido adaptada a los retos de convertir cualidades en cantidades, proponiéndose transformar a la percepción de los riesgos institucionales en un mecanismo regulador del buen desempeño de las entidades objeto del control interno.

Liñan, A, C., Rodriguez de B., J. Barbarin y O. Huerta. (2002). En su trabajo llamado “*Análisis de Riesgo Ambiental y su Aplicación al Almacenamiento y Manejo de Cloro Industria*”, toma como referencia el uso de una matriz de riesgo 4x4 para obtener indicadores que fueron usados en un análisis de riesgo semicuantitativo en el caso de una fuga repentina del cloro gaseoso, ya que el estudio se realizó para determinar el nivel riesgo en una planta de tratamiento de aguas residuales localizada en la Zona Metropolitana de Monterrey.

De la Cruz, C., R. Garcia y S. Monroy (2000) presentan en su trabajo “*Análisis de Riesgos de Procesos (ARP): un esquema de mejora de la técnica “HAZOP”*”, en efecto presentan un estudio de las diferentes técnicas de análisis de riesgos que existen y su aplicación en cada una de las etapas de una planta. También presenta una metodología de análisis de riesgos y operabilidad (HAZOP) que toma en cuenta los controles administrativos y de ingeniería, además muestra las matrices como parte del estudio de desviaciones para equipos, tuberías y documentos.

2.1.2. Investigaciones enfocadas en el ámbito de la formulación de lineamientos sobre la seguridad y riesgos en proyectos industriales.

Ugas, (2008), hace reflexionar sobre los principales aspectos que inciden en el desempeño de los proyectos, para tal efecto realizó un diagnóstico de los esquemas de gestión utilizados por las empresas del sector energético, Enlven y Carbozulia. Para el estudio abordó las áreas de negocio de generación, transmisión y tecnología de Enlven y el área de operaciones de Carbozulia. La investigación se fundamentó en las metodologías y marcos de referencias desarrollados por el *Project Management Institute (PMI)*, el *Construction Industry Institute (CII)*, *Independent Project Analysis Inc. (IPA)* entre otros. La investigación fue de tipo proyectos factibles, de diseño no experimental. La población estuvo conformada por 275 proyectos de las áreas mencionadas. Se concluyó que estas empresas mantienen una estructura predominantemente matricial para organizar los equipos de trabajo, tienen diferentes esquemas para los proyectos que son primordialmente

empíricos. No poseen una metodología estándar, en los procesos de gestión se le da más importancia al alcance, costo, tiempo y procura, en cambio la gestión de riesgos y calidad es muy incipiente. No obstante, se cubre gran parte de los procesos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre, los documentos que se generan son muy particulares para cada área de negocio. Por lo tanto, es necesario adoptar una metodología para la gestión de proyectos que permita estandarizar los procesos, se deben crear estructuras organizacionales fuertes de tendencia proyectadas, capacitar a los integrantes de los equipos de trabajo en los conceptos y mejores prácticas de proyectos.

Lobo, (2010), en su trabajo de grado *“Lineamientos para la Gestión de Riesgos Tecnológicos como Elemento de Sostenibilidad Urbana”* propone una serie de líneas de acción orientadas a la prevención, mitigación, gestión de emergencias y gestión integral de desastres tecnológicos, haciendo especial énfasis en instalaciones industriales que manejan y/o producen sustancias químicas. Con los lineamientos formulados en el trabajo, se busca brindar herramientas al sector industrial para la gestión integral del riesgo tecnológico tanto a nivel interno (gestión de emergencias) como externo, facilitando la interacción entre dicho sector y los actores institucionales y sociales que hacen vida en asentamientos ubicados en zonas próximas a las instalaciones industriales. Los resultados de la aplicación de los lineamientos propuestos permitieron comprobar primeramente que la gestión de riesgos tecnológicos es poco considerada en la fase de localización y evaluación ambiental de proyectos asociados a industrias químicas. En segundo lugar, la gestión de emergencias es un aspecto bastante manejado dentro de las instalaciones químicas pero sus alcances no contemplan la ocurrencia de desastres y la posible afectación de a pobladores cercanos a instalaciones químicas en funcionamiento.

2.1.3. Iniciativas orientadas a la intervención del riesgo tecnológico en medios urbanos.

Se han identificado, a nivel mundial, una serie de iniciativas cuyo objetivo en la intervención del riesgo tecnológico en medios urbanos, las cuales se describen a continuación:

2.1.3.1. Comités locales de planificación para emergencias (Local Emergency Planning Committees -LEPC's-) (Estados Unidos).

En los Estados Unidos de Norte América, los denominados LEPC's, son organizaciones voluntarias constituidas por miembros del departamento de policía, bomberos y rescate, cuidado médico, salud pública, comunicaciones, gerencia de riesgo, gerencia de la emergencia, seguridad nacional, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), la Agencia de Protección Ambiental (EPA), los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), el gobierno local, profesionales de recuperación, la Cruz Roja, las industrias responsables del manejo de productos químicos y la comunidad. Entre muchas de las actividades desarrolladas por estos comités, se encuentran los panoramas de entrenamiento, los cuales incluyen respuesta ante desastres originados por explosiones, volcanes, gases tóxicos, descarrilamientos de trenes, terrorismo y bioterrorismo, terremotos y movimientos de masa, así como inundaciones y tornados (EPA ,1999. Citado por Lobo, 2010).

2.1.3.2. Concienciación y preparación para emergencias a nivel local (Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level –APELL-) (UNEP).

APELL de la UNEP (Departamento de las Naciones Unidas para la Protección Ambiental) es un programa dirigido a mejorar la prevención de accidentes tecnológicos y la preparación para emergencias. Ofrece un apoyo para la toma de decisiones a nivel gubernamental, para las autoridades locales y el sector industrial, a través del suministro de información y documentos relevantes, actividades de entrenamiento y soporte técnico. El programa APELL fue dado a conocer en 1988 por el Centro de Actividades del Programa de Industria y Medio Ambiente (UNEP IE/PAC) del Programa de las Naciones Unidas, en cooperación con los gobiernos y la industria química. Esta iniciativa dio seguimiento a diversos accidentes tecnológicos ocurridos tanto en países industrializados como en países en vías de desarrollo. Como un primer paso se publicó el Manual de APELL. Este describe un proceso de diez etapas para guiar a las comunidades locales en cuanto al fortalecimiento

de su capacidad de prevención de accidentes y medidas de respuesta en situaciones de emergencia, las cuales se listan a continuación (Lobo, 2010):

- Identificar a los participantes de la respuesta a una emergencia y definir sus funciones, recursos y responsabilidades.
- Evaluar los riesgos que pueden provocar una situación de emergencia en la comunidad.
- Hacer que los participantes revisen su propio plan de emergencia para adecuarlo a la respuesta coordinada.
- Identificar las tareas de respuesta necesarias que no han sido cubiertas por los planes existentes.
- Armonizar estas tareas con los recursos disponibles de cada uno de los participantes.
- Realizar los cambios necesarios para mejorar los planes existentes, integrarlos al plan global de la comunidad y buscar un consenso.
- Poner por escrito el plan integrado de la comunidad y buscar la aprobación de las autoridades locales.
- Informar a todos los grupos participantes sobre el plan integrado y asegurarse de que todos los encargados de responder a una emergencia estén debidamente entrenados.
- Definir procedimientos para probar, revisar y actualizar el plan de manera periódica.
- Informar y entrenar a la comunidad en su conjunto de la utilización del plan integrado.

APELL hace un llamado a los dirigentes de la industria, del gobierno y de la comunidad para cooperar, con el objetivo de identificar y evaluar los riesgos en la localidad y planear cómo responder a las emergencias que pudieran presentarse. Entre los programas asociados a APELL se encuentran (UNEP, 2000. Citado por Lobo, 2010):

- APELL Puertos: este es un programa que respeta la filosofía original del Proceso APELL e incorpora particularidades propias de la actividad portuaria en las consideraciones metodológicas tanto de los análisis de riesgos como en la elaboración de los planes de emergencias.
- TRANS APELL: este programa también respeta la filosofía básica del proceso APELL pero está orientado a la aplicación en aquellas localidades que no cuentan con instalaciones fijas industriales pero que se encuentran próximas a rutas por donde circulan vehículos que transportan materiales peligrosos.

2.1.3.3. Directiva Seveso. (Unión Europea).

La fuerte presión social provocada por los desastres químicos ocurridos en Europa previos a la década de los 80, unido a los elevados costes económicos y ambientales que los mismos ocasionaron, motivó el inicio de una actuación legislativa en la Unión Europea para abordar la prevención y el control de los accidentes que se pudieran producir en aquellas actividades con presencia de sustancias químicas peligrosas. En 1982, los reglamentos para la prevención y control de estos accidentes, existentes en los distintos países de la entonces llamada Comunidad Económica Europea, fueron recogidos y sintetizados en la primera norma que dio lugar a lo que hoy se conoce como normativa Seveso I: la Directiva 82/501/CEE, relativa a los riesgos de accidentes graves en determinadas actividades industriales. En el Preámbulo de esta norma se establecían los Considerandos para su aprobación y las líneas básicas para la prevención y el control de este riesgo químico, los cuales contemplan (Lobo, 2010):

- La adopción de medidas de autoprotección en los establecimientos ante eventos no deseados.

- Las declaraciones de datos e informaciones por parte de los industriales para la prevención y el control de dichos eventos.
- La elaboración, en cada establecimiento, de los llamados Planes de Emergencia Interior (PEI).
- La elaboración, por parte de la Administración, de los llamados Planes de Emergencia Exterior respecto de aquellos establecimientos industriales para los que se previeran posibles daños a la población y al medio ambiente.
- La obligación de proporcionar información a la ciudadanía sobre las medidas de seguridad y el comportamiento a adoptar en caso de accidente.

En el año de 1986, catorce años después de la aprobación de la Directiva Seveso I, la Directiva 96/82/CE, conocida como Seveso II, sustituyó a la anterior. Entre los motivos que llevaron a la promulgación de esta nueva norma se encontraban los siguientes (Lobo, 2010):

- La necesidad de ampliar el alcance de la normativa a un mayor número de actividades y de sustancias.
- Los posibles efectos transfronterizos de un accidente industrial.
- El establecimiento en la Directiva Seveso I, de una lista en la que se especificaban determinados establecimientos y se excluían otros con idénticos riesgos.
- Como los métodos para realizar inspecciones variaban según cada Estado Miembro de la Comunidad, se requirió homogeneizar los mismos.
- Los análisis de los accidentes acontecidos en la Unión Europea, los cuales indicaban que en su mayoría eran resultado de una defectuosa gestión u organización.
- Se comprobó la necesidad de incrementar la información, tanto a la población como a la ciudadanía en general.

Once años después de Seveso II, se produjo una nueva modificación normativa, a través de la Directiva 2003/105/CE, conocida como Seveso III, la nueva Directiva establece otras novedades (Lobo, 2010):

- Amplía la lista de sustancias carcinógenas, revisa sus umbrales de afectación y rebaja las cantidades umbral asignadas a las sustancias peligrosas para el medio ambiente por la Directiva 96/82/CE.
- Introduce plazos mínimos a los establecimientos que entren en el ámbito de aplicación de la Directiva 96/82/CE, para cumplir con las obligaciones impuestas por la misma (notificación, elaboración de la política de prevención de accidentes graves, informes de seguridad y planes de emergencia).
- Los Estados miembros deberán facilitar a la Comisión Europea una información mínima obligatoria sobre los establecimientos afectados.
- Se refuerza la obligación de proporcionar información a la población, así como también la de identificar las necesidades en materia de formación del personal del establecimiento afectado y la organización de dicha formación.
- Refuerza la importancia de la participación de los trabajadores en la elaboración de los planes de emergencia, así como su formación.
- Como novedad importante, se establece la consulta al personal subcontratado (a largo plazo) en la elaboración de los Planes de Emergencia Interior y su participación en relación al sistema de gestión de seguridad y a la organización del establecimiento.
- Se explicita la necesidad de la participación de la población en los procesos de elaboración y actualización de los Planes de Emergencia Exterior.

2.1.4. Evaluación del riesgo de accidentes químicos detonados por fenómenos naturales (natural disaster –triggered chemical accidents –Natechs-).

En este sentido, otra iniciativa la constituye el trabajo realizado por Cruz y Okada (2006) citado por Lobo (2010), denominado “Consideración de amenazas naturales en el diseño y gestión del riesgo de instalaciones industriales”. El trabajo reseña una óptica general sobre consideraciones de diseño en diversas instalaciones industriales de Estados Unidos, Japón y Europa. Estas consideraciones están orientadas a la ocurrencia de fenómenos naturales que puedan ocasionar desastres tecnológicos.

2.1.5. Iniciativas en Venezuela para el diagnóstico, caracterización e intervención del Riesgo Tecnológico.

El análisis de los riesgos tecnológicos implica tanto la identificación de amenazas como de vulnerabilidades asociadas a ese riesgo. En Venezuela, un primer estudio asociado a este tipo de riesgo fue realizado en el año 1985, cuando la Organización Panamericana de la Salud (OPS) publicó un documento denominado “*Estudio sobre la Situación de las Sustancias Químicas en Venezuela*”, el cual fue elaborado por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (MARNR) siguiendo los lineamientos de este organismo en ese año. Como consecuencia del estado de la gestión relacionada al manejo de las sustancias químicas, para ese entonces se infirió que no existían en el país registros estadísticos sistemáticos de población expuestas a los riesgos, ni de accidentes, datos de morbilidad escasos y de mortalidad sólo lo asociado a la intoxicación con plaguicidas, resultando esta última información incompleta (OPS, 1985. Citado por Lobo, 2010).

2.1.5.1. Normativa relacionada con la caracterización e intervención del riesgo tecnológico asociado a sustancias químicas.

Dada la problemática mencionada en el apartado anterior, se llevó a cabo la elaboración de normativas relacionadas con la identificación de actividades riesgosas, el manejo y disposición de sustancias químicas y desechos peligrosos en el país, entre las cuales se pueden citar (Lobo, 2010):

- Decreto 2635 sobre “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” Gaceta Oficial N° 5245 Extraordinaria 03/08/1998.
- Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. Gaceta Oficial N° 5554 13/11/2001.
- Norma Covenin 2275-91 sobre “Industrias o Actividades Consideradas como Peligrosas o Insalubres”.
- Norma Covenin 2670 sobre “Materiales peligrosos. Guía de respuesta de emergencias a incidentes o a accidentes”.
- Norma Técnica “Sistema de Gestión Cuidado Responsable”, desarrollada por la Asociación Venezolana de la Industria Química y Petroquímica (ASOQUIM, 2010.a) bajo los lineamientos del Programa Responsabilidad Integral Venezuela (ASOQUIM, 2010.b).
- Resolución N° 040 sobre los Requisitos para el Registro y Autorización de Manejadores de Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. Gaceta Oficial N° 37770 29/05/2003.
- Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT).
- Reglamento de la LOPCYMAT.

Paralelamente, en el ámbito de la gestión de riesgos, se desarrollaron las siguientes disposiciones legales:

- Decreto con Fuerza de Ley de Coordinación de Seguridad Ciudadana.
- Decreto con Fuerza de Ley de los Cuerpos de Bomberos y Bomberas y Administración de Emergencias de Carácter Civil.
- Decreto con Fuerza de Ley de la Organización de Protección Civil y Administración de Desastres.
- Decreto N°2.945 sobre el Plan Nacional de Ordenación del Territorio (1998) artículo 2, ordinal 9 (acciones para la protección de la población ante emergencias y desastres).

- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela: artículos 55 y 332 (seguridad ciudadana), artículo 128 (ordenación del territorio y desarrollo sustentable), artículo 134 (servicio civil o militar), artículo 139 (responsabilidad del funcionario público), artículo 140 (responsabilidad del estado), artículo 156 (competencias nacionales ordinal 9 (gestión de riesgo)).
- Norma COVENIN 3661:2004: Gestión de Riesgos, emergencias y desastres. Definición de términos.
- Gaceta Oficial No 39.095 la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos

2.1.6. Desastres Tecnológicos en el Mundo.

. El aumento de las amenazas inherentes a un proyecto industrial y la vulnerabilidad de las instalaciones y comunidades que están y pudieran estar cerca de estos sistemas, hacen que el riesgo que es función de estas dos variables, aumente considerablemente, como en los casos que se señalan en la tabla 2.1.

2.1.7. Desastres tecnológicos en Venezuela.

- **Primer desastre tecnológico registrado en Venezuela (1939).**

Según Liñayo (2009), el primer desastre tecnológico de Venezuela aconteció el 13 de noviembre del año 1939, cuando una avería en el pozo 1 de la Venezuela Gulf Oil propició la fuga de una gran cantidad de líquido y gases inflamables sobre las aguas de la costa oriental del Lago de Maracaibo, a la altura de lo que hoy es la población de Lagunillas del Zulia. Esta zona se encontraba entonces ocupada por una gran cantidad de palafitos que coexistían con una infraestructura petrolera que se comenzaba a diseminar aceleradamente de la mano del crecimiento petrolero nacional. El incendio que se registró en horas de la noche de ese 13 de noviembre (luego de varias horas de detectarse entre los habitantes fuertes olores y una espesa mancha de petróleo que flotaba sobre las aguas) quemó cerca de 300 palafitos, matando en ellos a más de 5000 personas entre quemados y asfixiados.

Tabla 2.1. Algunos de los grandes accidentes químicos, durante 1974-2012

Año	Lugar	Tipo de incidente	Sustancia química responsable	Víctimas mortales	Heridos	Evacuados
1974	Flixborough, Reino Unido	Fábrica de productos químicos (explosión)	Ciclohexano	28	104	3000
1976	Seveso, Italia	Fábrica de productos químicos (explosión)	Dioxina	—	193	226000
1979	Novosibirsk, Federación de Rusia	Fábrica de productos químicos (explosión)	No caracterizada	300	—	—
1981	Madrid, España	Contaminación de alimentos (aceite)	No caracterizada	430	20000	220000
1982	Tacoa, Venezuela	Depósito, (explosión)	Combustible	153	20000	40000
1984	Bhopal, India	Fábrica de productos químicos (fuga)	Metilisocianato	2800	50000	200000
1988	PEPCON Nevada EUA (ver foto 2.1)	Explosión por productos químicos y gas	Perclorato de Amonio	2	300	16 km a la redonda 20000
1992	Kwangju, República Popular Democrática de Corea	Almacén de gas (explosión)	LPG	—	163	20000
1993	Bangkok, Tailandia	Fábrica de juguetes, (incendio)	Plásticos	240	547	—
1993	Remeios, Colombia	Vertido	Petróleo	430	—	—
1996	Haití	Medicamento envenenado	Dietilenglicol	>60	—	—
1998	Yaundé, Camerún	Accidente de transporte	Productos de petróleo	220	130	—
2000	Kinshasa, República Democrática del Congo	Depósito de municiones (explosión)	Municiones	109	216	—
2000	Enschede, Países Bajos	Fábrica (explosión)	Productos pirotécnicos	20	950	—
2001	Toulouse, Francia	Fábrica (explosión)	Nitrato de amonio	30	>2500	—
2002	Lagos, Nigeria	Depósito de municiones (explosión)	Municiones	1000	—	—
2003	Gaoquiao, China	Pozo de gas (escape)	Sulfuro de hidrógeno	240	9000	64000
2005	Huaian, China	Camión (escape)	Cloro	27	300	10000
2005	Graniteville, Estados Unidos	Tren cisterna (escape)	Cloro	9	250	5400

Tabla 2.1. (continuación) Algunos de los grandes accidentes químicos, durante 1974-2012

Año	Lugar	Tipo de incidente	Sustancia química responsable	Víctimas mortales	Heridos	Evacuados
2006	Abidján, Cote d'Ivoire	Residuos tóxicos	Sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, hidróxido sódico	10	>100000	—
2009	Clarines, Venezuela	Cilindros de Gas (escape)	Cloro	13	800	250 familias
2010	Middletown, Estados Unidos	Planta de generación de energía (explosión)	Gas	5	12	—
2010	Golfo de México	Explosión de la torre petrolífera Deepwater Horizon	Petróleo	11	7	Afectación por determinar en ecosistemas y actividades económicas de cuatro estados de Estados Unidos que limitan con el Golfo.
2011	Planta, Magnablend Texas, EUA	Incendio de sustancias químicas	Compuesto Nitrogenados como Anhídrido de Amonio y productos amoniacales	---	2	300
2012	Complejo Refinador de Paraguaná, Edo. Falcón, Venezuela	Fuga de olefinas y Explosión de tanques esfericos	Olefinas de Tope de Columnas	47	135	3400 y 1.100 MM\$ en perdidas

Fuente: Lobo, 2010, con modificación propia



Fotografía 2.1: Fotos del desastre en la Planta PEPCON, Nevada y Planta MagnaBlend Texas

Fuente: www.damninteresting.com, y www.CNN. New 4/10/2011

- **Accidente químico en Tocoa (1982).**

Otro de los peores accidentes químicos en Venezuela se registró en Tocoa, un pequeño pueblo costero ubicado en el litoral central. En horas muy tempranas del 19 de diciembre de 1982, comenzaron a circular las primeras informaciones sobre un problema que se estaba presentando en la Planta energética de esta localidad (Lobo, 2010).

Por tal razón, inmediatamente fue enviado un equipo de efectivos bomberiles a la Planta Generadora de Energía Eléctrica de Tocoa, perteneciente a la compañía Electricidad de Caracas. A su llegada, los efectivos trabajaron arduamente para contener las llamas que brotaban del tanque número 8, repleto de combustible "fuel oil", donde ya habían fallecido dos obreros cuando realizaban los primeros intentos por reducir el fuego. Entre tanto, la zona del siniestro se iba congestionando progresivamente con un sin fin de funcionarios, periodistas y curiosos que veían como el trabajo de los efectivos bomberiles rendía sus primeros frutos, al controlar el incendio (Lobo, 2010).

Sin embargo, cerca de las 12:30 de la tarde se produjo una gran explosión en el tanque número 9, que estaba repleto de combustible, desatando así una enorme bola de fuego y regando material incandescente a varios kilómetros, que literalmente "borró de la faz de la tierra" todo lo que su alrededor se encontraba. La institución bomberil perdió 42 efectivos, pero también fallecieron un grupo de bomberos marinos, brigadistas, guardias nacionales, policías, periodistas y habitantes del sector (MINCI, 2004, citado por Lobo, 2010).

- **Ruptura de Gasoducto de Tejería (1991).**

En 1991 se produjo un accidente que se denominó Desastre de Tejerías, el cual derivó en un pavoroso incendio que ocasionó más de 100 muertos. Trabajos de instalación de fibra óptica, responsabilidad de las empresas Cantv, AT&T y Abengoa, ocasionaron la ruptura de un oleoducto. Luego de la investigación resultaron responsables un maquinista y un guardia nacional. "No había señalización ni se verificaron las cotas", dijeron los técnicos que investigaron el accidente. La escasez de datos confiables certificados sobre las canalizaciones de servicios públicos (gas, electricidad, agua, teléfono, cañerías, petróleo, etc.). Obligaron a las empresas instaladoras de fibra óptica a ser excesivamente cautos, lo

cual atrasó el desarrollo de infraestructura de telecomunicaciones en el país, sobre todo en los centros urbanos. (www.eluniversal.com/2007/02/11/imp_eco_art_174393.shtml, citado por Lobo, 2010)

- **Fuga de gas cloro en Clarines (2009).**

El 16 de septiembre de 2009, a partir de las 8:30 de la noche, se registró una gran fuga de gas cloro en la población de Clarines, en el municipio Bruzual del estado Anzoátegui. El evento fue consecuencia del choque y posterior volcamiento entre un camión de la empresa Etotrans, la cual transportaba 17 cilindros de gas cloro (ver fotografía 2.2) y una gandola particular, en una curva a 150 metros del restaurante El Caney de Acapulco, en el sector Minifincas de la carretera nacional de Oriente, entre Boca de Uchire y Clarines (Lobo, 2010).

El cloro, procedente del estado Zulia, era requerido por la empresa Hidrocaribe, para potabilización de agua en Cumaná estado Sucre. Funcionarios de Protección Civil de cuatro municipios anzoatiguenses, así como bomberos de Anzoátegui y de Pequiven, trabajaron en la remoción y limpieza del cloro. Producto de este evento, en las primeras 24 horas se declararon ocho personas fallecidas y más de cien afectadas por la inhalación de esta sustancia. Varias de las personas intoxicadas, presentando irritación en las mucosas y dificultades para respirar, fueron trasladadas al hospital Antonio Rondón Lugo, de Clarines, mientras los 60 casos más graves fueron llevados al hospital Luis Razetti de Barcelona, la capital del estado Anzoátegui. 250 familias, a la vez, fueron desalojadas de cuatro sectores aledaños al siniestro (Las Casitas, Barrio Obrero, Paso Real y casco central de Clarines), según lo reportado en el Diario El Tiempo de Puerto La Cruz (Lobo, 2010).

Para el día 23 de septiembre, a una semana del evento se estimó, a través de la prensa local y nacional, que al menos 800 personas habían sido afectadas, siendo atendidas, solamente en el Hospital de Clarines 436 personas con sintomatología relacionada con la inhalación de gas cloro. En total fallecieron 13 personas (Lobo, 2010).



Fotografía 2.2. Cilindro de cloro fracturado. Tragedia de Clarines

Fuente: Noticias24.com (2009)

- **Incendio y Explosiones de Depósitos de CAVIM (2011).**

A eso de las 4:45 de la madrugada del domingo 30 de Enero de 2011 una fuerte explosión conmocionó a los habitantes de la ciudad de Maracay, por un incendio del arsenal de CAVIM (Compañía Anónima Venezolana de Industrias Militares), ubicado en Tapa – Tapa." Según El Carabobeño.com, los bomberos se encontraban en el lugar controlando el incendio. Por VTV, el Ministro de Defensa, G/J Carlos Mata Figueroa, informó que la explosión había ocurrido a eso de las 4:45 de la madrugada. Dijo además que las explosiones ocurrieron en cuatro depósitos del Sector D de 20 unidades; B-11, B-12, B-10 y B-13. Tiempo después el gobernador en ese momento, Rafael Isea informó que “hasta que no culminen las explosiones, es demasiado riesgoso acercarse” ver foto 2.3. Hizo un llamado a la comunidad para que evacuaran “lo más pronto posible” los sitios cercanos a CAVIM y que se dirijan a la zona de seguridad que han establecido las autoridades en el Parque Las Ballenas de Maracay. Confirmó que unas 40 personas estaban heridas producto de las explosiones, “algunas afectadas por esquirlas, (otras) por balas”. Aseguró que “hay miles de personas que han salido hacia las zona de seguridad en el área de las Ballenas” y recomendó que “nadie se acerque a la zona, todo el paso está bloqueado” (El Tiempo.com.ve, 30/01/2011)

Pero a 4 años de este evento de riesgo tecnológico, todavía no se tiene la versión oficial de que fue lo que pasó, ni las consideraciones finales aprendidas, ni tomadas para evitar un nuevo hecho de esta índole.



Fotografía 2.3. Secuencia de explosiones desarrolladas en los depósitos de CAVIM, Maracay.

Fuente: Globovisión.com 2011

- **Explosión por Fuga de Olefinas en la Refinería de Amuay (2012).**

El día viernes 24 de agosto de 2012, a las 23:57 horas, se inició escape masivo de gas inflamable de olefinas (ver imagen 2,1) proveniente del área del Bloque 23 de la Refinería de Amuay. Posteriormente el gas se incendió, generando onda expansiva que causó fatalidades, lesionados, daños en infraestructura de terceros y a las instalaciones de la Refinería. La explosión por la fuga de olefinas dejó 47 fallecidos, 135 lesionados y notables daños en la infraestructura de la refinería, 11 tanques cilíndricos y 8 esferas. Se precisó en el informe que se vieron afectadas 3400 viviendas y las pérdidas económicas superaron los mil 100 millones de dólares. En el mismo informe presentado por El presidente de PDVSA en ese instante Ministro Ramírez, concluye que La fuga de olefinas a la atmósfera ocurre al abrirse la brida entre el cabezal y la caja de succión de la bomba P-2601, al fracturarse los espárragos que la sujetaban. Los espárragos se fracturaron debido a un proceso de fatiga mecánica como resultado de haber sido aflojados en forma intencional. (PDVSA. 2013)

Como se puede verse la cultura de la seguridad es una filosofía industrial que no nació de la noche a la mañana, viene penosamente, de las pérdidas de vidas humanas, ya sea por eventos antrópica (errores humanos) o naturales, a lo largo del desarrollo tecnológico productivo del hombre (Casal, 2000). O por presión estatal y laboral, a partir de 1970 se

han hecho esfuerzos en capitalizar metodologías efectivas para la caracterización oportuna de los riesgos industriales, a partir de la conformación de la Organización de Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

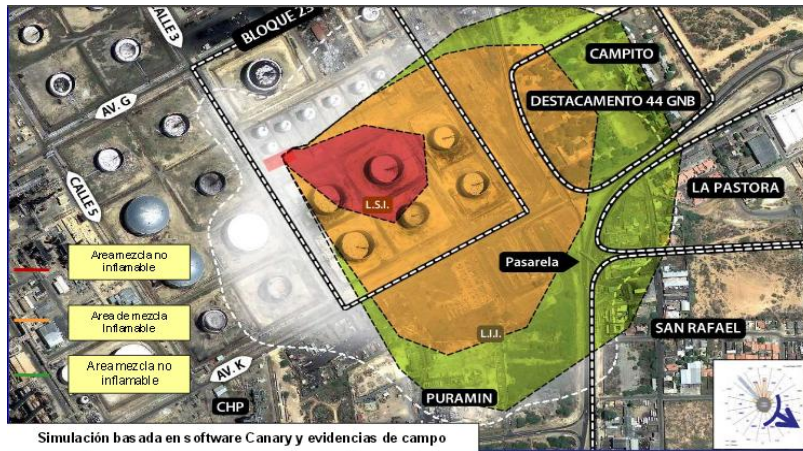


Imagen 2.1. Secuencia de expansión de la nube de olefinas por el Patio Tanque 23

Fuente: informe 2013

www.bdigital.ula.ve



Fotografía 2.4. Imagen desde las comunidades aledañas al patio de tanques

Fuente: El venezolano.com 2012

2.2. Marco teórico.

En el siguiente capítulo se expresan las definiciones, ideas desarrolladas, teorías implantadas y los enunciados que permitieron el desarrollo de esta investigación. El capítulo se estructura de tal manera que pudiera transmitirse la información relevante, para que terceras personas que lean este trabajo vayan formulándose respuesta a los cuestionamientos planteados. Los lineamientos teóricos cubren todos los componentes asociados a los principios y definiciones de seguridad y riesgos en la empresa (PDVSA) a fin de que se entienda claramente al momento de su lectura los fundamentos y criterios que sirvieron para la ejecución del trabajo.

PDVSA (1995) en su documento IR-S-00 define la Ingeniería y Control de Riesgos como “una evaluación cualitativa y cuantitativa de la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados y la probabilidad de daños ocasionados, conjuntamente con criterios de valor con respecto a la importancia de los resultados”. Una de las principales fortalezas de esta guía presentada por ellos es que ofrece un análisis explícito de los riesgos asociados con una actividad específica, cotejando las generalidades cualitativas y subjetivas con lo cuantitativo, por cuanto una condición “relativamente segura” para una persona, representa una condición “relativamente peligrosa” para otra. Por consiguiente esta guía ofrece la manera de poder analizar e identificar y entrelazar eslabones débiles en el encadenamiento de los sistemas y poder fortalecerlos antes de que ocurra un incidente o realmente un accidente.

La determinación de los riesgos pretende descubrir las condiciones de amenazas y las vulnerabilidades potenciales presentes en un proceso o una planta industrial entera. La determinación de los riesgos es uno de los pasos críticos en el análisis cualitativo de riesgos, para continuar con el cuantitativo, debido a que un riesgo pasado por alto es un riesgo no analizado.

Las técnicas comúnmente usadas para la determinación y cualificación del riesgo son: Análisis Preliminar de Peligros (Preliminar Hazard Analysis, PHA), Listado de Control (Check Lists), ¿Qué pasa sí? (What if?), Estudios de Peligros y Operabilidad (HAZOP), (Fabrega, 1999) y Matriz de Riesgo (PMI, 2004). Luego de este análisis de los riesgos, se

hace necesario cuantificar el nivel de riesgo implícito con el fin de determinar las medidas de control y su alcance. El HSE (Health and Safety Executive) (1989) expresó que las metodologías de análisis cuantitativos de riesgos se concibieron para reforzar la ejecución de la mejor ingeniería, con el objetivo de juntar todos los elementos de juicio donde se pudieran soportar las decisiones gerenciales que logren aumentar el nivel de seguridad de las instalaciones industriales. Entendiéndose como mejor ingeniería, la puesta en marcha de un proyecto que desde sus fases iniciales se consideraron normas de seguridad, normas de diseño, seguridad intrínseca y las experiencias de operadores y mantenedores, filosofía del Diseño Seguro.

Todas las técnicas de análisis expresadas se desarrollan en tres etapas: la preparación, realización del estudio propiamente dicho y la documentación. La preparación es idéntica en todas las técnicas de análisis e implica las actividades como la recolección de información, definición del objetivo, y su alcance, la selección del personal implicado (multidisciplinario). La realización del estudio puede variar mucho dependiendo de la técnica y responde a cada protocolo y la documentación es la que hace referencia a los resultados alcanzados y también al desarrollo del estudio en sí (Martínez, 2008).

Son numerosos los países que han elaborado reglas y normas para establecer los fundamentos que se deben considerar al momento de evaluar las condiciones de operación y riesgo en las industrias. En los Estados Unidos de Norte América, el Instituto Americano del Petróleo (API), en enero de 1990, elaboró las reglas de Manejo de Procesos Riesgosos, de igual manera, la Organización de Seguridad, Higiene y Ambiente OSHA, dos años después, en marzo de 1992, estableció el reglamento para el Manejo de la Seguridad de los Procesos Químicos Altamente Riesgosos, con la finalidad de predecir a tiempo y a través de un Análisis de Riesgo como el HAZOP (Hazard and Operability Analysis), las posibles desviaciones de proceso en cualquier instalación, señalando recomendaciones al momento y evitando efectos mayores. En Venezuela, el 26 de julio de 2005, fue promulgada en la Gaceta Oficial N° 38.236, la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio ambiente de Trabajo (LOPCYMAT), éste cuerpo normativo desarrolla el Régimen Prestacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, previsto en la Ley Orgánica del Sistema de Seguridad Social (LOSSS), además esta ley normaliza los deberes y derechos de trabajadores y

empleadores en materia de seguridad, salud y ambiente de trabajo, con objeto de garantizar las condiciones de salud, seguridad y bienestar de los trabajadores en un ambiente de trabajo adecuado.

A inicio del siglo XX, aparece en el ámbito mundial las industrias de refinación de petróleo, para obtener gasolina, que con el desarrollo tecnológico ocurrido por las dos guerras mundiales, su uso se volvió más compulsivo y su producción menos costosa, por consiguiente aparecieron más refinerías en los países petroleros, fenómeno que ocurre hasta el presente día. La pionera de la refinación en Venezuela fue la empresa venezolana Petrolia del Táchira que, en 1882, erigió en su sitio de producción y operaciones en La Alquitrana, cerca de Rubio, estado Táchira, un pequeño alambique de 15 b/d de capacidad para suplir de querosén a las poblaciones vecinas en la cordillera andina. Significativo es el hecho de haber mantenido la Petrolia sus actividades de refinación hasta 1934. Para ese año, la refinación en el país había alcanzado 22.466 b/d (Barberii, 2001).

En el período 1900-1910, las empresas Val de Travers y New York & Bermúdez Company se establecieron en Pedernales, Delta Amacuro, y Guanoco, estado Sucre, respectivamente, para extraer asfalto de los rezumaderos existentes en estos sitios. Para tales fines ambas empresas construyeron modestas plantas procesadoras de asfalto que aunque no representaron ni siquiera la tecnología de refinación de la época, tienen el mérito de haber contribuido tempranamente al procesamiento rudimentario de hidrocarburos en el país (Barberii, 2001).

Al descubrirse el campo Mene Grande (1914) e iniciarse en firme la exploración petrolera, al correr de los años (1917-1939), las empresas concesionarias empezaron a construir pequeñas refinerías para satisfacer primeramente los requerimientos de combustible para sus propias operaciones en la mayoría de los casos y muy pocas plantas para suplir cierto porcentaje del creciente consumo nacional (Barberii, 2001).

El articulado y el Reglamento de la Ley de Hidrocarburos de 1943 fueron instrumentos nacionales fundamentales para todas las actividades petroleras venezolanas y particularmente establecieron las bases para el futuro progreso y expansión de la refinación de hidrocarburos en el país (Barberii, 2001).

PDVSA como la principal empresa industrial del estado, e industria petrolera de nivel internacional, no podía quedarse atrás en la implementación de planes para el manejo de los riesgos dentro de sus instalaciones, en su iniciativa de incorporarse en el año 1995 al movimiento internacional de la “Filosofía del Diseño Seguro”. con su guía PDVSA IR-S-01, establece que la industria debe desarrollar las actividades que le son inherentes a sus procesos de producción en condiciones tales que le permitan mantener los niveles de riesgos de acuerdo a lo establecido en los rango de tolerancia definidos en la guía PDVSA IR-S-02 de “Análisis de Riesgo Cuantitativo”, la norma SHA-98-38 “Evaluación Cualitativa y Cuantitativa del Riesgo”, la norma SHA-98-12 “Análisis de Riesgos en el Trabajo”, y demás norma subsecuente a la fecha de incorporación de la Filosofía (MACH 2007).

Los aspectos de seguridad de los procesos e instalaciones, deben ser atendidos como una parte integral del trabajo iniciado, con las evaluaciones de factibilidad y conceptualización de los procesos, continuando en las diferentes fases del diseño, construcción y arranque, manteniéndose durante la vida operativa de las instalaciones e inclusive hasta sus etapas de cierre, desmantelamiento o clausura (Martínez, 2008).

Desde el origen mismo de la especie humana, y debido a la necesidad innata de proveerse de alimentos y medios de subsistencia, surge el trabajo y en consecuencia la existencia de accidentes tecnológicos. Más tarde con el inicio de la revolución industrial en Europa, los procesos y ambientes de trabajo se transformaron radicalmente, la principal característica de este periodo fue el inicio del uso de maquinas con el objetivo de aumentar la velocidad con que se desarrollaba el trabajo y mediante este método, incrementar también la productividad y las ganancias. Desde luego estos cambios impactaron en la salud y bienestar de los trabajadores como en las comunidades aledañas, la mayoría de los casos de manera negativa; los accidentes de trabajo incrementaron su incidencia y aparecieron enfermedades profesionales hasta entonces desconocidas creadas por los nuevos agentes agresores utilizados durante los procesos de trabajos. A finales del siglo XVII y principios del XIX en Inglaterra, el gobierno comenzó a preocuparse por las condiciones laborales, esto a raíz de un incendio en Londonderry, Irlanda, en un barrio de talleres de confección de ropa, el cual costo más de 600 vidas. El parlamento ingles nombró una comisión

investigadora, para evaluar la seguridad e higiene en los centros de trabajo (Muñoz, 2005).

2.2.1. Filosofía de Diseño Seguro.

Las industrias en general deben desarrollar sus actividades de trabajo en las condiciones que le permitan mantener la integridad del personal propio o contratado, sus instalaciones y equipos, evitando la contaminación del medio ambiente y reduciendo los riesgos a terceros.

Los aspectos de seguridad de los procesos e instalaciones, deben ser atendidos como una parte integral del trabajo iniciado, en todas las fases de vida de un proyecto, desde las evaluaciones de factibilidad y conceptualización de los procesos, continuando en las diferentes fases del diseño, construcción y arranque, manteniéndose durante la vida operativa de las instalaciones e inclusive hasta sus etapas de cierre, desmantelamiento o clausura (MACH, 2007).

2.2.1.1. Bases del Diseño Seguro.

- La seguridad de las instalaciones debe ser considerada como parte del diseño del proceso/equipos, en lugar de depender de controles e instrucciones complejas de operación.
- La complejidad excesiva trae confusión, deben aplicarse buenos criterios de ingeniería para simplificar los procesos, apuntando hacia instalaciones inherentemente más seguras.
- La meta debe ser la reducción los riesgos a un nivel tolerable con el uso eficiente de los recursos.
- Las provisiones de seguridad deben hacerse tomando en consideración los costos involucrados y la rentabilidad del proyecto.
- Establecer criterios uniformes para el diseño seguro de instalaciones/procesos.

2.2.1.2. Alcance y aplicación de la Filosofía.

Los criterios de la filosofía de diseño seguro deberán aplicarse a:

- Diseño de nuevas instalaciones/procesos
- Ampliaciones/modificaciones de instalaciones existentes

- procesos/operaciones en desarrollo actual

En general la filosofía de diseño seguro contempla como elementos de soporte, lo siguiente:

- Criterios de seguridad intrínseca
- Análisis cuantitativo de riesgos
- Diseño por capas de seguridad

El esquema de la filosofía del diseño seguro presentado en la figura 2.1, se puede notar cada pudo de análisis.

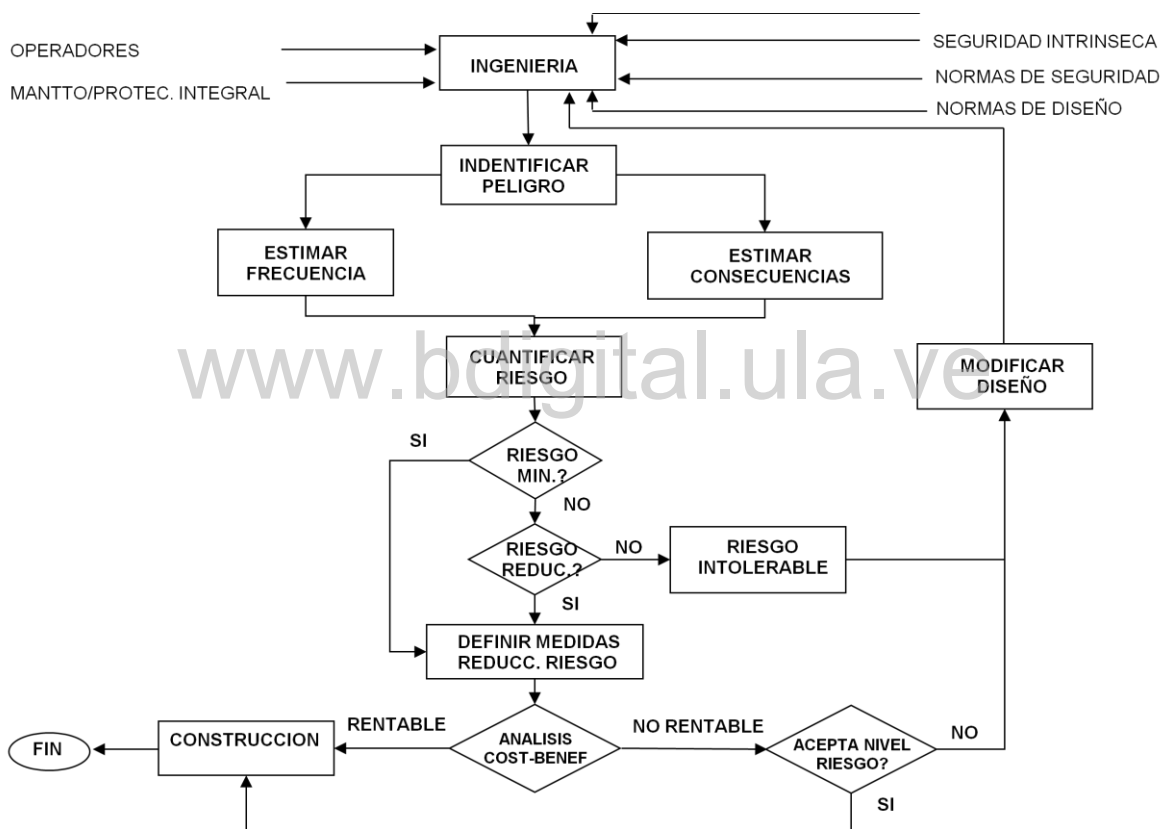


Figura 2.1. Diagrama de flujo de un proceso de diseño seguro en las fases de un proyecto

Fuente: MACH, 2007

2.2.1.2.1. Criterios de seguridad intrínseca.

La seguridad intrínseca específica que las instalaciones deben ser diseñadas inherentemente

seguras con una flexibilidad tal que tolere desviaciones a la buena práctica operacional sin causar efectos serios a la integridad de la instalación, producto o eficiencia, utilizando los siguientes criterios generales (MACH, 2007):

- Seleccionar el proceso más seguro
- Diseñar procesos que utilicen menos materiales peligrosos
- Reducción o segregación de inventarios de materiales peligrosos tanto en almacenamiento, como en proceso.
- Reducción de la magnitud de variables operacionales, tales como presión, temperatura, en rangos donde se disminuya el potencial de ocurrencia/severidad.
- Reducción de fugas de materiales peligrosos/productos etc.
- Diseño ergonómico y simplificado de la planta, facilidad operación/mantenimiento reduciendo el error humano.
- Suministro de procedimientos operacionales y mantenimiento, preservación de la integridad de la instalación.

2.2.1.2.2. Análisis cuantitativo de riesgos (ACR).

Como parte de las consideraciones del diseño seguro se nombran algunas ventajas y desventajas del análisis cuantitativo de riesgos. (MACH, 2007)

- Permite considerar todos los escenarios de accidentes incluyendo aquellos con muy baja probabilidad de ocurrencia o sobre los que no se tiene experiencia.
- Identifica las posibles secuencias de accidentes, cuantificando su frecuencia y severidad, con el objeto de clasificarlas de acuerdo con su importancia relativa.
- Permite el análisis en base a criterios costo-beneficio, facilitando la toma de decisiones objetivas.
- Considera el entorno de la instalación, favoreciendo la armonía en las interacciones.
- Desventaja primordial es que son costosos y engorrosos en su aplicabilidad en todas las fases del proyecto

2.2.1.2.3. Diseño por capas de seguridad.

La seguridad de los procesos descansa en la provisión de capas múltiples de defensa, las cuales comienzan con el diseño del proceso e incluyen sucesivamente sistemas de control, alarmas, sistemas de protección automáticos, sistemas de seguridad, mitigación y planes de emergencia y contingencias. Las capas se diseñan con el criterio de que la falla de una de ellas sea cubierta por la siguiente (MACH, 2007)

En general las capas de seguridad se componen en la siguiente forma:

- **primera:** diseño de proceso intrínsecamente seguro.
- **segunda:** dotación de sistemas de protección con la intervención activa del operador.
- **tercera:** sistemas de protección automáticos, que requieren verificación por parte del operador.
- **cuarta:** sistemas de seguridad y mitigación, válvulas de seguridad, diques de contención, sistemas de extinción de incendios etc.
- **quinta:** medidas administrativas, planes de emergencia, contingencia, evacuación, y de seguimiento.

2.2.2. Etapas y fases de vida de un proyecto industrial.

Todo proyecto desde su concepción pasa por dos etapas que incluyen una serie de fases de evolución de su progreso, la etapa de planificación hasta la etapa de ejecución. Cada fase va depender del grado de estudio realizado del proyecto formulado y de la escala de visión del mismo, en la figura 2.2, se puede ver las etapas y las fases de vida de un proyecto



Figura 2.2. Ciclo de vida de un Proyecto

Fuente: MACH, 2007

En este trabajo se explica cada fase de la planificación del proyecto, para dejar claro la asociación con las diferentes técnicas de análisis cualitativo de riesgo

- **La Idea.**

La idea tiene por objeto clarificar una opción que se presenta entre muchas, para atender una necesidad o aprovechar una oportunidad, teniendo en cuenta aspectos económicos, técnicos, institucionales, ambientales, sociales y financieros. En esta parte se le da nombre al proyecto, objetivo general y específico, justificación, descripción del proyecto, se estiman inversiones globales y posibles fuentes de financiamiento, ya sean propias o externas (MACH, 2007).

- **El Perfil.**

El Perfil de un proyecto se formula cuando la información preliminar obtenida en la etapa de idea se concreta y optimiza. Hay una refinación o descarte de la idea preliminar, la escala de visión que se maneja va entre 1:250.000 y 1:100.000 (MACH, 2007).

- **Estudio de Pre-factibilidad.**

La etapa de pre factibilidad o conocida también como anteproyecto. En esta etapa nacen los antecedentes del proyecto y se hace una evaluación financiera para determinar la viabilidad y conveniencia financiera del proyecto más detallado; se empieza a hablar de aspectos técnicos y organizativos para la ejecución del mismo. Hay una identificación y estimación aproximada en forma desagregada de los costos y beneficios del proyecto y de la magnitud de las inversiones y las posibilidades de financiamiento. La escala de visión que se maneja va entre 1:100.000 y 1:25.000 (MACH, 2007)

- **Estudio de Factibilidad.**

Es el nivel más profundo en la identificación de proyectos. Se reducen los márgenes de error y la incertidumbre considerablemente gracias al nivel de detalle. Se enfoca a la evaluación y el análisis de la alternativa más atractiva de las generadas durante esta fase. Se toma la decisión de llevar a cabo el proyecto. La escala de visión que se maneja va entre 1:25.000 y 1:10.000. (MACH, 2007)

- **Diseño (Ingeniería Básica y de Detalle).**

Se detalla básicamente toda la ingeniería en el proyecto pero también el estudio de los posibles impactos ambientales y se elaboran planes de mitigación, cuyo costo debe ser incluido en el costo general de la obra a ser financiada. La necesidad de desplazar poblaciones afectadas por la construcción de la obra es un factor sumamente importante y debe considerarse como un impacto de carácter social. Si en el curso de esta fase de los estudios, se detecta que por algún motivo la obra excede los costos considerados como razonables, o los impactos ambientales son inaceptables, se deberá volver a analizar otras alternativas en la fase anterior, de factibilidad. Pasado esto se elabora el Diseño ejecutivo o final, de ingeniería de detalle, están los detalles constructivos, tanto de las partes civiles de la obra como en las partes eléctricas y mecánicas si las hubiera. La escala de visión que se maneja va menor o igual que 1:10.000. (MACH, 2007).

2.2.3. La Gestión de los Riesgos en los Proyecto.

La gestión de los riesgos en los proyectos, involucra todos los procesos asociados a la planificación de la gestión de riesgos, la identificación, el análisis de riesgos, como también las respuestas antes los riesgos, el seguimiento y control de riesgos de un proyecto (PMI, 2004). Así mismo puede definirse como “los procesos indispensables para identificar, analizar y responder a los eventuales riesgos del proyecto” (Cleland, D., 1990).

De igual manera el PMI en su PMBOK del 2004, típica los objetivos de la Gestión de los Riesgos en los Proyectos, y son “aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos adversos para el proyecto”, en esta sección se explica el proceso de gestión del riesgos en los proyectos aportados por el PMI (2004), que conjuntamente con los trabajos de Ugas (2008) y Lobo (2010) son la base de la formulación de los lineamientos de este trabajo

2.2.3.1. Procesos de la Gestión de los Riesgos.

Según el PMBOK (2004), los procesos relacionados con la Gestión de los Riesgos de un Proyecto son (ver figura 2.3):

- **Planificación de la Gestión de Riesgos:** Decidir cómo enfocar, planificar y ejecutar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.
- **Identificación de Riesgos:** Determinar qué riesgos pueden afectar al proyecto y documentar sus características.
- **Análisis Cualitativo de Riesgos:** Priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando su probabilidad de ocurrencia y su impacto.
- **Análisis Cuantitativo de Riesgos:** Analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados en los objetivos generales del proyecto.
- **Planificación de la Respuesta a los Riesgos:** Desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.
- **Seguimiento y Control de Riesgos:** Realizar el seguimiento de los riesgos identificados, supervisar los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos, ejecutar planes de respuesta a los riesgos y evaluar su efectividad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Según el PMI (2004), El riesgo tiene las siguientes características:

- Evento de riesgo: La declaración del riesgo a futuro
- Impacto del riesgo: lo que puede suceder a favor o en contra de los objetivos del proyecto
- Probabilidad de que el riesgo pueda ocurrir.

La certidumbre, amerita que se tenga toda la información necesaria para tomar una decisión adecuada en cambio la incertidumbre se basa de una carencia mayor de información. Sin embargo el riesgo, dentro de los resultados de un proyecto puede originarse dentro de un rango de precisión aceptable de seguridad. Es conocido que a mayor disposición de información, la certidumbre aumenta, y viceversa, por consiguiente, toda herramienta y técnica que ofrezca más información confiable, ayudará a un grupo técnico a tomar una mejor decisión en relación a los riesgos. Como se mencionó el rango de alcance de la gestión de riesgos cubre desde una incertidumbre casi total, hasta cuando casi se logra tener toda la data ingenieril necesaria para la toma de decisiones. (PMI, 2004)

Dentro de cualquier proyecto, usualmente, a mayor rango de acción, mayor el grado de incertidumbre y por tanto mayor el riesgo que se puede tomar debido a mayor cantidad de amenazas que se presentan; de ahí que se necesite un modelo de lineamientos apropiado para gestionar los riesgos.

La mayoría de las gerencias de proyectos se conducen usando un método que se basa en unos insumos, un procedimiento, unos resultados y una retroalimentación que termina por cerrar el ciclo. Aunque, el manejo del riesgo es diferentes y se relaciona con las consecuencias, probabilidad de ocurrencia, incertidumbre y plan de control de emergencia. La gestión de riesgos, por definición no contempla el control completo de eventos, por consiguiente cuando se aplican lineamientos para la gestión de riesgos se debe tener precisado que se tratarán sólo aquellos riesgos que presentan una relación de costos-beneficios deseable, que sean operables estos riesgos y que se puedan medir y controlar sus consecuencias. Los análisis comparativo a proyectos anteriores (por ejemplo, siniestros tecnológicos, sobre todo terminados), pueden dar una idea sobre las implicaciones de las amenazas y sus consecuencias (PMI, 2004).

Todos los riesgos deben ser manejados tomando en consideración los otros componentes y áreas de conocimiento de un proyecto específico. Es necesario implicar los factores que contribuyen al riesgo, los cuales serían: los aspectos humanos, la normatividad y entregabilidad de cada resultado, lo intrínseco del propio proyecto, el manejo de la información, las relaciones con terceros, el manejo del cronograma de trabajo, las suposiciones generales y particulares del proyecto, el presupuesto y su manejo así como el entorno del proyecto (Zapata, 2006)

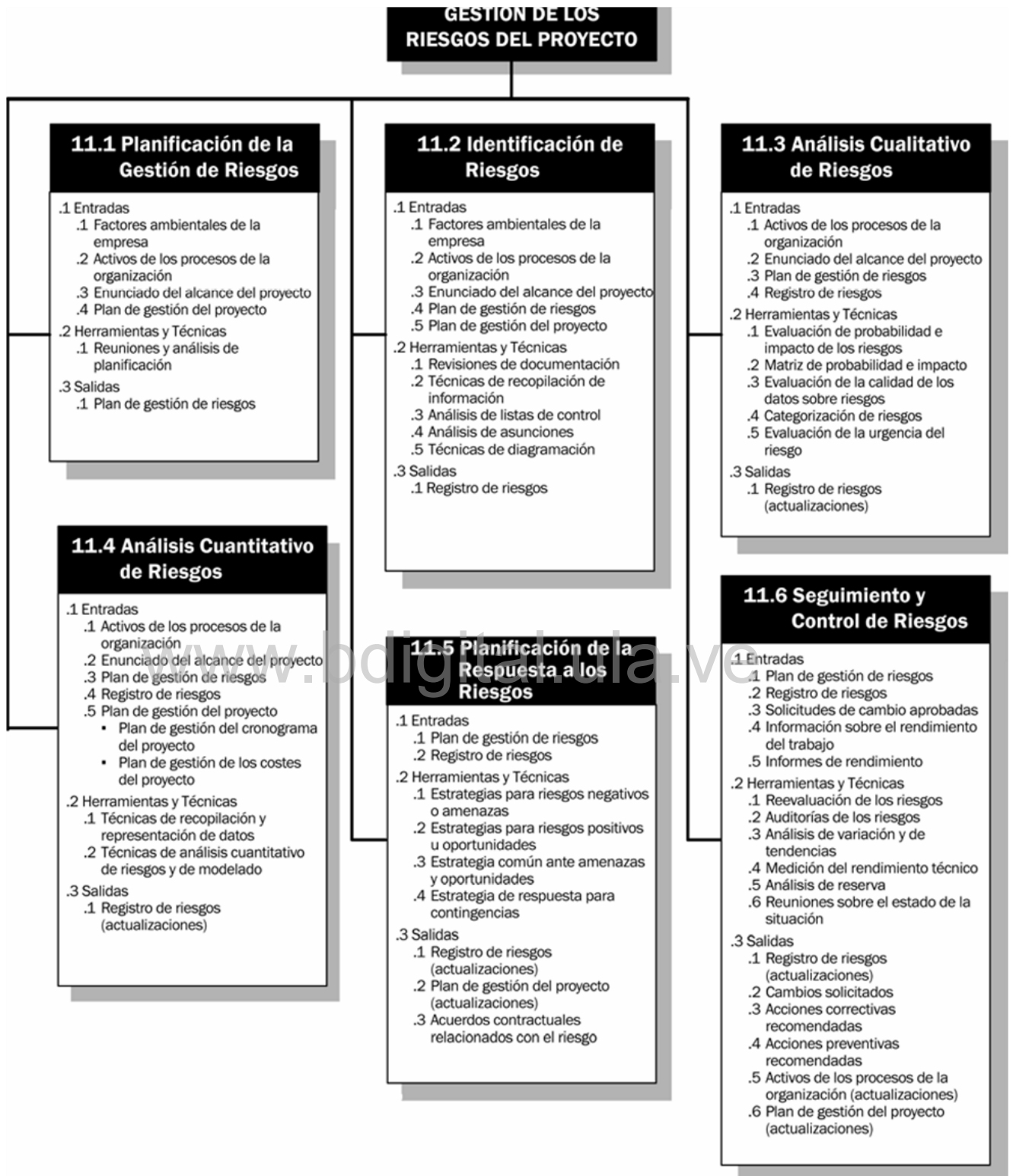


Figura 2.3. Gestión de Riesgos de un Proyecto

Fuente: PMBOK (2004)

En un proyecto la mayoría de los riesgos proviene de la etapa inicial de idea o perfil, cuando se está planificando dicho proyecto, y por consiguiente se debe ser muy cuidadoso con esto, del manejo inadecuado de los cambios de un proyecto, del control ineficaz de los riesgos durante el ciclo de vida del proyecto, se generan más riesgos que no tendrán una identificación, valoración o respuesta adecuada. Por lo anterior expuesto, se analizará y explicará la razón de ser de cada una de las etapas del modelo de gestión de riesgos, sugerido por el PMI (2004).

2.2.3.1.1. Planificación de la Gestión de Riesgos.

Involucra la toma de decisiones de cómo manejar y planificar las actividades de gestión del riesgo. Se debe considerar los roles, responsabilidades y niveles de autoridad, que defina un líder, el apoyo y los miembros del equipo encargado de la gestión del riesgo, para cada tipo de acción del plan de gestión. Se debe ejecutar un plan maestro que es el que contiene, de manera detallada, todo lo referente a cada actividad del proyecto (objetivos, estructura organizativa, estructura desagregada, asignación de responsabilidades, diagrama lógica de actividades, cronograma de actividades y presupuesto). La planificación sugerida se realizará a través de reuniones en los equipos de proyectos con el fin de elaborar un plan de gestión de riesgos donde se describa la estructuración y ejecución de la identificación, análisis cualitativo y cuantitativo, planificación de la respuesta, seguimiento y control de los riesgos durante el ciclo de vida del proyecto específico.

2.2.3.1.2. Identificación de Riesgos.

Por definición se basa en determinar sistemáticamente la mayoría de los eventos posibles de riesgos que pueden tener tanto una consecuencia positiva como negativo en un proyecto. Se debe entender que los riesgos pueden ocurrir de dos formas, independientemente o depender unos de otros de manera de cascada, por lo cual la identificación comprende también el efecto acumulado y/o sinérgico de los riesgos y que pueden ocurrir de manera concurrente o simultáneamente.

El PMI (2004) especifica dos tipos de riesgos en una empresa o institución:

- Los de negocios: que toma en cuenta los escenarios que se pueden presentar de Costos-Beneficio en el manejo de un programa de la empresa
- Los asegurables: que sólo atienden los escenarios potenciales que, de presentarse, generarían pérdida.

Además son clasificados en:

- Daño directo a la propiedad
- Pérdidas indirectas a un tercero por acciones del contratista
- Responsabilidad legal
- Responsabilidad personal

En un proyecto es necesario convocar a una serie de personas conocedoras del tema y que trabajen en el proyecto en cuestión o en proyectos parecidos y solicitar su opinión, o también conducir una o varias sesiones de tormenta de ideas dentro del equipo del proyecto para poder identificar todos los riesgos inherentes; el uso de información histórica de proyectos anteriores similares es otra herramienta. Para que el proceso de identificación tenga éxito se requiere el apoyo oficial del patrocinador del proyecto, ya que puede estar en riesgo el logro de los objetivos del mismo. Para aprovechar al máximo esta etapa del modelo de gestión de riesgos, es conveniente tener una clasificación de los riesgos en proyectos (PMI, 2004)

Una forma de esquematizar la clasificación de los riesgos de una manera más sistemática, agrupando los riesgos acorde con el origen de los mismos para ello. Según el PMI clasificarlos de esta manera permite conducir mejor el tipo de respuesta en relación directa con la fuente del riesgo, estos se puede categorizar según su origen en:

- **Externos, impredecibles e incontrolables:** La Naturaleza, por terceros, problemas políticos.
- **Externos y predecibles e inciertos:** El mercado, impacto ambiental, impacto social, inflación, impuestos.
- **Internos y no técnicos:** Problemas de gerencia, retardos en la programación, sobrecostos, pérdidas financieras.

- **Técnicos:** Problemas operacionales o de desempeño, El diseño, la complejidad del proyecto.
- **Legales:** licencias, patentes, contratos, demandas.

El desarrollo de un análisis de los riesgos es necesario que comience desde que se inicia el proyecto (ciclo de vida), hasta por lo menos, que empiece la ejecución de dicho proyecto. En algún instante cabe la necesidad de reconfigurar la etapa de identificación durante todo el ciclo de vida del proyecto, es por ello, que es fundamental tener claridad en lo que se desea:

- Maximizar el retomo de la inversión.
- Minimizar los costos y los riesgos financieros.
- Maximizar la confiabilidad.
- Maximizar la seguridad.
- Maximizar la flexibilidad
- Minimizar el impacto ambiental.

La identificación es una etapa que debe elaborarse gradualmente, debido a que es prácticamente imposible determinar desde el comienzo todos los posibles riesgos. Las estimaciones preliminares (riesgos preliminares) serán muy aproximadas; pero sin embargo esto no quiere decir, que al concluir esta etapa, no se cuente con una muy buena aproximación de los riesgos a evaluar.

2.2.3.1.3. Métodos cualitativos considerados para el análisis de riesgos.

Para el desarrollo del trabajo, tomando en cuenta que va dirigido para proyectos industriales, expuesto por el PMI (2004) y la gerencia de riesgo de PDVSA, se tomaron los trabajos de De la Cruz et al., (2000) y Hidalgo (2004), en los cuales comparan las diferentes técnicas de análisis de riesgos cualitativos y sus puntos fuertes en las etapas de vida de un proyecto, señaladas en las figuras 2.4 y 2.5. Comparando ambas figuras, se realizó la figura 2.6, en la cual se colocan las técnicas que se repiten en las etapas de vida de un proyecto equivalente a las definidas en la sección 2.2.2.

Técnicas de “Análisis de Riesgos de Proceso” (ARP)

1. Métodos comparativos							3. Métodos generalizados							
1.1. Códigos, Estándares y Normas (CEN)							3.1. Análisis de Riesgos y Operabilidad (HazOp)							
1.2. Lista de Verificación (LV)							3.2. Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE)							
1.3. Análisis Histórico de Accidentes (AHA)							3.3. Análisis de Árbol de Fallas (AAF)							
1.4. Revisiones de Seguridad (RS)							3.4. Análisis de Árbol de Éxitos (AAE)							
1.5. Auditorías de seguridad (AS)							3.5. Análisis “Qué pasa si ...” (“What-If”, WI)							
							3.6. Análisis de Causa-Efecto (ACE)							
							3.7. Análisis de Confiabilidad Humana (ACH)							
							3.8. Análisis de Consecuencias (AC)							
2. Índices de riesgo (IR)														
2.1. Índice Dow (ID)														
2.2. Índice Mond (IM)														
Etapa de la planta	Técnica de identificación y evaluación de riesgos													
	CEN	LV	AHA	RS	AS	IR	HAZOP	AMFE	AAF	AAE	WI	ACE	ACH	AC
Diseño conceptual	X	X				X					X			
Ingeniería de detalle	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X
Operación de planta piloto		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción, pre-arranque /arranque		X		X	X		X				X	X	X	
Operación de planta industrial		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Modificación, cambio/ expansión		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Investigación de incidentes			X				X	X	X	X	X	X	X	X
Paro/desmantelamiento			X		X						X		X	

Figura 2.4. Tabla comparativa entre las etapas de vida de un proyecto de planta vs técnicas de Analisis de Riesgos

Fuente: De la Cruz et al. (2000)

	ANALISIS DE SEGURIDAD	ANALISIS HISTORICO DE ACCIDENTE	LISTA DE VERIFICACION	ANALISIS PRELIMINAR DE PELIGROS	QUE PASA SI?	HAZOP	FMEA	ARBOL DE FALLAS	ARBOL DE SUCESOS
DEFINICION DE PROCESO									
EXPERIMENTACION PLANTA PILOTO									
PROYECTO BASICO									
PROYECTO DE DETALLE									
EJECUCION DE OBRAS E INICIO									
OPERACION NORMAL									
MODIFICACIONES									
ESTUDIOS DE INCIDENTES Y ACCIDENTES									
CIERRE DE PLANTA									
Poco utilizado									
Mayormente utilizado									

Figura 2.5. Tabla comparativa entre las etapas de vida de un proyecto vs técnicas de Analisis de Riesgos

Fuente: Hidalgo (2004)

A partir de estas matrices (figura 2.4 y 2.5) de los trabajos revisados, se tomaron las técnicas que más sobresalen dentro del cúmulo, que estén más asociadas a cada fase de vida de un proyecto mencionadas con anterioridad. A continuación se definen y explican las técnicas escogidas, sus puntos fuertes y débiles en el análisis, para elaborar una nueva matriz.

Las técnicas escogidas son:

- Lista de Verificación.
- Análisis Preliminar de Peligros.
- ¿Qué pasa sí?
- HAZOP.
- Análisis de Consecuencias.

Listas de comprobación (ALC/CHECK LIST).

“**Check lists**” o listas de comprobación, son utilizadas usualmente para determinar la adecuación a un determinado procedimiento o reglamento. La primera referencia bibliográfica de la técnica es de 1971, artículo publicado por Millar and Howard en la revista inglesa *Major Loss Prevention in Process Industries (London Institution of Chemical Engineers)* (Stoch, 2000).

- **Objetivos.**

- 1) Comprobar el cumplimiento de reglamentos y normas: mediante listas de comprobación que incluyan los aspectos técnicos y de seguridad contenidos en dichas regulaciones.
- 2) Comprobar el cumplimiento, a lo largo del desarrollo de un proyecto, de las especificaciones básicas de proceso y equipo.

- **Fuentes.**

Información Necesaria.

- 1) General sobre proceso y equipo para tener una idea de conjunto, ya que las listas de comprobación suelen estar confeccionadas tomando como base información más detallada.

Muchas compañías (de profesionales, de proyectos, operadoras, analistas de riesgos, etcétera) tienen listas propias. Estas listas cabe desarrollarlas basándose en la práctica recomendada API-750 (1990), también hay listas elaboradas por Asociaciones sectoriales de la Industria.

- **Descripción del método.**

Utiliza un método de estructura lineal con lista de preguntas concretas, relativas a los aspectos de proceso y de riesgo, que cabe plantear para todas las fases de vida de un proyecto, de la operación de la planta, de las paradas, etc. Deben cubrir todos los elementos de equipo (aparatos, tuberías, válvulas, instrumentos, controles, alarmas, etc.). Es típico el empleo de este método en las auditorías de seguridad que se efectúan a procesos y plantas.

- **Procedimiento.**

Según las listas de comprobaciones, realizando los controles especificados en ellas.

- **Características.**

Fortalezas:

- 1) Fácil, directo y controlado.
- 2) Bueno para adiestramiento de evaluadores de riesgos.
- 3) Proporcionan una demostración clara del cumplimiento de las regulaciones de referencia.

Debilidades:

- 1) Su calidad es muy dependiente de la de las listas de comprobación empleadas; pueden pasarse por alto riesgos no incluidos.
- 2) Contrasta contra las regulaciones de referencia al preparar las listas, así que se limita de alcance.

- **Idoneidad de casos.**

Dentro de sus características, comentadas antes, las listas de comprobación pueden servir para proyectos de plantas nuevas o de modificaciones. También sirven como base para enjuiciar, mediante auditoría, el cumplimiento o no de regulaciones por instalaciones existentes. Los casos de no cumplimiento deben originar recomendaciones para modificar consecuentemente las instalaciones o el proceso.

- **Recursos y tiempo necesarios.**

Las listas de comprobación deben ser preparadas por personas de gran experiencia. Es necesario disponer de las normas o estándares de referencia, así como de un conocimiento del sistema o planta a analizar. Pueden ser puestas en práctica por un titulado sin gran experiencia, aunque los resultados deben ser supervisados por alguien con experiencia.

- **Medios informáticos.**

Cuando se debe aplicar esta técnica de forma reiterada, es usual que las empresas consultoras de seguridad tengan desarrollados formatos informatizados que cubran determinados procedimientos o reglamentos

Análisis preliminar de riesgos (APR/PHA).

Bajo el nombre inglés de Preliminary Hazard Analysis (PHA) este método fue desarrollado inicialmente por las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América e incorporado posteriormente bajo diferentes nombres por algunas compañías químicas (Storch, 2000)

- **Objetivos.**

- 1) Determinar directamente aquellos elementos de las instalaciones y de los procesos que se sospechan la posibilidad de originar riesgo, incidentes y accidentes.
- 2) Estudiar dichos elementos de manera particularmente detallada.
- 3) Definir medidas concretas que aumenten la fiabilidad de los elementos

mencionados en el primer objetivo, con la minimización correspondiente del riesgo asociado a los mismos.

4) Proponer medidas para mitigar las consecuencias.

- **Fuentes.**

Información necesaria:

- 1) Ingeniería Química (de diseño, de proceso, de operación); Ingeniería de Materiales; Ingeniería de Seguridad.
- 2) Descripción del proceso y de los equipos previstos.
- 3) Estudio de vulnerabilidad del entorno.

Datos necesarios:

- 1) Propiedades (físicas, químicas, termoquímicas y cinéticas) de las materias químicas, de los materiales, equipos y de las operaciones previstas, en PFD o Diagrama de Flujo de Proceso, básico o de detalles.

- **Descripción del método.**

El Análisis Preliminar de Riesgos (APR) fue el precursor de otros métodos de análisis más complejos y es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de las instalaciones y para casos en los que no existen experiencias anteriores, sea del proceso, sea del tipo de implantación. El APR selecciona los productos peligrosos y los equipos principales de la planta. El APR se puede considerar como una revisión de los puntos en los que pueda ser liberada energía de una forma incontrolada.

Fundamentalmente, consiste en formular una lista de estos puntos con los peligros ligados a:

- 1) Materias primas, productos intermedio o finales y su reactividad. Equipos de planta.
- 2) Límites entre componentes de los sistemas.

- 3) Entorno de los procesos.
- 4) Operaciones (pruebas, mantenimiento, puesta en marcha, paradas, etc.).
- 5) Instalaciones.
- 6) Equipos de seguridad.

Los resultados de este análisis incluyen recomendaciones para reducir o eliminar estos peligros. Estos resultados son siempre cualitativos, sin ningún tipo de priorización.

- **Procedimientos**

- 1) Obtener la información y datos sobre los materiales, las materias y operaciones previstas en el proceso.
- 2) Decidir si se puede aprovechar la semejanza con otros procesos u operaciones experimentados anteriormente, además de explorar y explotar tales semejanzas.
- 3) Exploración de las operaciones y equipos de las que cabe prever riesgos implicados (toxicidad, corrosividad, carga energética contenida y/o desarrollada, etc).
- 4) Realizar un estudio técnico de los aspectos críticos que se hayan detectado en el procedimiento de exploración.
- 5) Implementación de medidas técnicas que disminuyan el riesgo previsto para los aspectos críticos. Ver qué medidas se adoptaron en casos semejantes.

- **Características.**

Fortalezas:

- 1) Es como el anterior, simple y barato.
- 2) Va enfocado directamente a las causas importantes.

Debilidades:

- 1) No es sistemático, por consiguiente puede no considerar algunas causas importantes pero poco aparentes.
- 2) Depende mucho de los conocimientos y experiencia de los ejecutantes.
- 3) Absolutamente cualitativo y desestructurado.

- **Idoneidad de caso.**

Se utiliza preferentemente para la identificación de riesgos en la fase de diseño previo de nuevas instalaciones para prever los principales y profundizar en el resto de riesgos en el diseño final.

- **Recursos y tiempo necesarios.**

Debe disponerse de los criterios básicos de diseño de la planta, especificaciones básicas de equipos principales y especificaciones de materiales. Esta técnica puede ser desarrollada por uno o dos técnicos con conocimientos y experiencias en seguridad. En algunos casos, puede ser aplicado por personal con relativamente poca experiencia.

Con todo lo comentado hasta aquí, está claro que el esfuerzo necesario para el desarrollo de un APR es mucho menor que otros métodos de mayor complejidad que se comentarán más adelante.

- **Medios informáticos.**

En la mayoría de los casos no suelen utilizarse más allá del proceso de textos y hojas para cálculos sencillos. Pero existen softwares en ambiente Windows que pueden realizar estos estudios, ejemplo, PHA LEADER: preparación y documentación de PHA, de riesgos y de operabilidad (JBF Asociales Inc. USA).

Tabla 2.2. Ejemplo de ARP

Riesgo	Causa	Consecuencia	Medidas preventivas o correctivas
Fuga y dispersión de gas tóxico	Pérdida de contención en cilindro de almacenamiento a Presión.	Peligro de muerte por intoxicación con sobre concentración	a. Dotación de sistemas para detección y alarma. b. Minimizar cantidad almacenada (y número de cilindros). c. Desarrollar e implementar inspección de cilindros.

Fuente: Storch, 2000

Análisis: “¿Qué pasa si...?”(QPS o WHAT IF...?).

La traducción literal de este nombre podría ser ¿Qué pasa si...?; es una técnica de análisis que no es tan estructurado como otros (HAZOP-Hazard Operability Study-, descrito en este apartado, y necesita la adaptación por parte del usuario al caso particular que se pretende analizar. Como su nombre sugiere, consiste en cuestionarse el resultado de la presencia de sucesos indeseados que pueden provocar consecuencias adversas (Storch, 2000).

- **Objetivos.**

- 1) Detectar y analizar cualitativamente las desviaciones, respecto de su comportamiento normal previsto, del proceso y sus variables, que puedan dar lugar a sucesos indeseables.
- 2) Analizar estos sucesos, así como sus consecuencias adversas y los medios destinados a neutralizar o a reducir el riesgo asociado (cambios, precauciones, modificaciones).

- **Fuentes.**

Información necesaria:

- 1) Data buena y detallada sobre el proceso, su control e instrumentación, diagramas PFD de los equipos, su disposición, las materias químicas y los materiales.
- 2) La experiencia de los intervinientes y consultores resulta decisiva.

Datos necesarios:

- 1) Data detallada de las propiedades físicas, químicas y procesales de materias y materiales sometidos a proceso.

- **Descripción del método.**

El método exige el planteamiento de las posibles desviaciones desde el diseño, construcción, modificaciones de operación de una determinada instalación. Evidentemente, requiere un conocimiento básico del sistema y la disposición mental para combinar o sintetizar las desviaciones posibles ya comentadas, por lo que normalmente es necesaria la presencia de personal con amplia experiencia para poder llevarlo a cabo.

En esta técnica los expertos se basan en unas series de preguntas, que basándose en su experticias se cuestionan de la siguiente forma: ¿qué pasa si...? (QPS)

Ejemplos de Preguntas claves.

- 1) ¿Las materias primas (cada una de ellas) son de mala calidad?
- 2) ¿Las concentraciones (cada una de ellas) son incorrectas?
- 3) ¿Fallan o se interrumpen las corrientes (cada una de ellas) de materias primas, productos, servicios en el proceso?
- 4) ¿Se detienen (cada uno de ellos) los equipos impulsores (bombas, compresores, eyectores, etc.) y agitadores?
- 5) ¿Fallan (cada uno de ellos) los elementos de seccionamiento y/o regulación (válvulas) intercalados en el proceso?
- 6) ¿Fallan (cada uno de ellos) los sistemas de instrumentación y control?
- 7) ¿Fallan (cada una de ellas) las actuaciones previstas para los operadores humanos?

- **Procedimiento.**

- 1) Se escoge un enfoque o alcance para cada parte del estudio (seguridad del proceso en sí, seguridad de las personas, seguridad eléctrica, diagramas de Circuitos y Instrumentos (DCI), etc.) o se decide llevar el estudio de manera global con la sola referencia a la secuencia del proceso.
- 2) Se explica el funcionamiento del proceso.
- 3) Empezando por el principio del proceso (normalmente almacenamiento y admisión de materias primas), avanzando a lo largo de las etapas del mismo (sobre el diagrama de flujo de proceso o PFD, por ejemplo) hasta el final (salida y almacenamiento de productos, subproductos y residuos) se plantean y anotan todas las preguntas Que pasa sí (QPS) que se les ocurra a los expertos. No se debe contestarlas durante esta etapa. Puede ser conveniente, después de lo anterior, revisar estudios QPS anteriores, si hay, para comprobar si hay preguntas QPS adicionales.
- 4) Solución a las preguntas QPS, una por una por todo el equipo. Varias requerirán un estudio aparte o la participación de especialistas específicos (control, materiales, mantenimiento, etc.).
- 5) Comprensión para cada pregunta QPS, de qué medidas existen y cuáles cabe tomar para prevenir el riesgo, anulándolo o disminuyéndolo, desde su origen.
- 6) Efectuar todo lo anterior para cada una de las partes decididas en 1, o, si se ha hecho el estudio único sin partes, reagrupar preguntas, respuestas y medidas según los enfoques que se consideraron allí.
- 7) Redactar informe recogiendo: a) Breve descripción y esquema del proceso; b) Preguntas QPS; c) Su análisis y contestación; d) Descripción razonada de las mejoras (alternativas o modificaciones) propuestas para neutralizar o reducir riesgos.
- 8) Comunicar el informe a los centros pertinentes de decisión (de la planta o del proyecto) para que se adopten las medidas oportunas.

- **Características.**

Fortalezas:

- 1) Muy creativo, espontáneo e intuitivo.
- 2) Puede considerar riesgos de orígenes variados.
- 3) Económico en tiempo y medios ya que se manifiestan y consideran de forma directa las consecuencias causas/consecuencia/remedio más significativo.
- 4) Muy útil para entrenar personal técnico en la identificación de riesgos.
- 5) Eficaz para análisis cualitativo inicial: proporciona pistas relativas a los asuntos que deben ser objeto de estudio mediante métodos más sofisticados.

Debilidades:

- 1) Al ser desestructurado hay tensión para dirigir y centrar el debate constantemente hacia los objetivos de cada etapa.
- 2) Pueden pasar desapercibidos riesgos ocultos o procedentes de causas coincidentes
- 3) Depende mucho de la experiencia de los intervinientes.
- 4) Como método único de estudio sólo sirve para instalaciones y procesos muy sencillos.

- **Idoneidad de casos.**

El método tiene un ámbito de aplicación amplio ya que depende del planteamiento de las preguntas que pueden ser relativas a cualquiera de las áreas que se proponga la investigación como: seguridad eléctrica, protección contraincendios, seguridad personal, etc. Las preguntas se formulan en función de la experiencia previa y se aplican, tanto a proyectos de instalación, como a plantas en operación, siendo muy común su aplicación ante cambios propuestos en instalaciones existentes.

- **Recursos y tiempo necesarios.**

Normalmente las cuestiones se formulan por un equipo de dos o tres personas especialistas en las áreas apuntadas en el apartado anterior, los cuales necesitan documentación detallada de la planta, del proceso, de los procedimientos y posibles entrevistas con personal de operación. El resultado del trabajo será un listado de posibles escenarios incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción del riesgo.

- **Medios informáticos.**

No suelen emplearse.

A continuación en la tabla 2.3, se adjunta un ejemplo de presentación de resultados, para el ejemplo un proceso de fabricación en continuo de fosfato diamónico (PAD) por reacción de ácido fosfórico con amoníaco. El PAD es inocuo. Si se reduce la proporción de fosfórico, la reacción no se completa y se desprende amoníaco. Si se reduce el amoníaco, se obtiene un producto seguro pero indeseable. (Storch, 2000)

Tabla 2.3. Ejemplo de Resultado de la Fabricación de PAD

¿Qué ocurre sí?	Consecuencias	Recomendaciones
...¿se suministra producto de mala calidad?	No identificada	
...¿la concentración de fosfórico es incorrecta?	No se consume todo el amoníaco y hay una fuga en la zona de reacción	Verificar la concertación de fosfórico antes de la operación
...¿el fosfórico está contaminado?	No identificada	
...¿no llega fosfórico al reactor?	El amoníaco no reacciona. Fuga en la zona de reacción	Alarma/corte del amoníaco por señal de falta de flujo en la línea de fosfórico al reactor
...¿demasiado amoníaco en el reactor?	Exceso de amoníaco. Fuga en la zona de reacción	Alarma/corte del amoníaco por señal de falta de flujo en la línea de fosfórico al reactor

Fuente: Storch, 2000

Análisis funcional de operabilidad (AFO/HAZOP).

El HAZOP o AFO (Análisis Funcional de Operatividad) es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación. La característica principal del método es que es realizado por un equipo pluridisciplinario de trabajo (Storch, 2000)

- **Objetivos.**

- 1) Detectar riesgos, sus orígenes, sus consecuencias y sus remedios mediante análisis, cualitativo pero sistemático y exhaustivo, que considera el fondo del proceso que son las desviaciones de sus variables.
- 2) Al hacer la identificación sistemática de los riesgos facilita, al discernimiento de los analistas, decidir cuáles de éstos deben ser objeto de análisis más afinado mediante métodos más detallados y/o cuantitativos.

- **Fuentes de información.**

Información.

- 1) Se requiere detallada y de alta calidad.

Datos

- 1) Físicos, termoquímicos y cinéticos del proceso para facilitar el análisis causa/desviación/consecuencia.

- **Descripción del método.**

- 1) Es un análisis sistemático de las desviaciones plausibles en todas y cada una de las variables de proceso, respecto de los valores de diseño que se consideran como de operación normal (tales valores cuantifican la intención de diseño o cometido previsto para el elemento que es objeto de análisis). Las desviaciones se plantean mediante el empleo de unas palabras de guía que articulan las preguntas:

- No (nada de).
 - Más de (cantidad).
 - Menos de (cantidad).
 - Contrario de (invertido).
 - Además de (añadido cualitativo).
 - Parte de (faltó cualitativo).
 - Diferente de (otro que).
- 2) Establecida la desviación objeto de consideración, se investigan (inductivamente) las causas posibles de la desviación. Se reserva el resultado.
- 3) Se investigan (deductivamente) las consecuencias posibles de la desviación con el fin de establecer cuál de las alternativas siguientes es aplicable al caso:
- Las consecuencias no entrañan riesgo: descartar la consideración de esta desviación en concreto.
 - Las consecuencias entrañan riesgos menores o medianos: consideración de esta desviación en la etapa siguiente.
 - Las consecuencias entrañan riesgos mayores: consideración de esta desviación en la etapa siguiente y envío de aquella (con lo obtenido en estas etapas 1, 2 y 3) para su análisis mediante un método más detallado y/o cuantitativo.
- 4) Volviendo (inductivamente) a las causas posibles examinadas en la etapa 2 se trata ahora de determinar remedios o medidas convenientes de protección (activa y pasiva) que eviten o minimicen dichas causas. Tales medidas serán objeto de recomendación, decisiones, asignación de responsabilidad y seguimiento para el control de que se implementen. Las decisiones mencionadas, previo estudio, se refieren a la elección entre alternativas viables (técnica y económicamente) que puedan darse para las medidas a tomar. También deben tenerse en cuenta que las medidas promovidas no generen riesgos añadidos
- 5) Registro escrito de lo que sea significativo y sensato de entre lo obtenido en las etapas 1 a 4. Existen dos aproximaciones metodológicas posibles en la forma de

abordar las etapas de análisis:

- **Procedimiento.**

La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas series de palabras guías, y el procedimiento del estudio en general es el siguiente (Storch, 2000):

- 1) Definición del área de estudio.

La primera fase del estudio HAZOP consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En una instalación de proceso, considerada como el sistema objeto de estudio, se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o unidades que corresponden a entidades funcionales propias, como por ejemplo: preparación de materias primas, reacción, separación de disolventes, etc.

- 2) Definición de los nudos.

En cada subsistema se identificarán una serie de nudos o puntos claramente localizados en el proceso. Unos ejemplos de nudos pueden ser: tubería de alimentación de una materia prima un reactor aguas arriba de una válvula reductora, impulsión de una bomba, superficie de un depósito, etc. Cada nudo será numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido de proceso para mayor comodidad. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nudo vendrá caracterizado por unos valores determinados de las variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, estado, etc.

Los criterios para seleccionar los nudos tomarán básicamente en consideración los puntos del proceso en los cuales se produzca una variación significativa de alguna de las variables de proceso.

Es conveniente, a efectos de la reproducibilidad de los estudios reflejar en unos esquemas simplificados (o en los propios diagramas de tuberías e instrumentación), los subsistemas considerados y la posición exacta de cada nudo y su numeración en cada subsistema.

Es de notar que por su amplio uso la técnica tiene variantes en cuanto a su utilización que se consideran igualmente válidas. Entre estas destacan, por ejemplo, la sustitución del concepto de nudo por el de tramo de tubería o la identificación nudo-equipos (Storch, 2000).

3) Definición de las desviaciones a estudiar.

Para cada nudo se plantea de forma sistemática las desviaciones de las variables de proceso aplicando a cada variable una palabra guía (No, mas, menos, menos cualitativo, mas cualitativo, otros). El HAZOP puede consistir en una aplicación exhaustiva de todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nudo determinado. Alternativamente, se puede fijar a priori en una fase previa de preparación del HAZOP, la lista de las desviaciones esenciales a estudiar en cada nudo. En el primer caso se garantiza la exhaustividad de la técnica, mientras que en el segundo, el estudio puede resultar menos laborioso.

4) Sesiones HAZOP:

Las sesiones HAZOP tienen como objetivo inmediato analizar las desviaciones planteadas de forma ordenada y siguiendo un formato de recogida similar al de la tabla 2.4.

El documento de trabajo principal utilizado en las sesiones son los diagramas de tuberías e instrumentación aunque puedan ser necesarias consultas a otros documentos: diagramas de flujo o flow sheet, manuales de operación, especificaciones técnicas, etc.

Para plantas de proceso discontinuo, al ser secuencial el proceso, el planteamiento difiere y la reflexión tiene que llevarse a cabo para cada paso del proceso.

Tabla 2.4. Formato de recolección de datos en las sesiones HAZOP

Planta:								
Sistema:								
Nodo	Palabra Guía	Desviaciones de la variable	Posibles Causas	Consecuencias	Respuesta y control	Señalización	Acciones a Tomar	Comentarios

Fuente: Storch, 2000

- **Características.**

Fortalezas:

- 1) Proporciona un marco formal y sistemático para el análisis cualitativo (identificación) de riesgos.
- 2) Facilita la concurrencia de juicios por profesionales implicados en el proyecto y operación de la planta.
- 3) Facilita el discernimiento relativo a causas/desviación/efectos que deben ser objeto de análisis mediante métodos más afinados y/o cuantitativos.
- 4) Permite volver atrás, de forma sistemática y controlada, si, en un momento dado, se descubren nuevas desviaciones que puedan afectar a sistemas analizados con anterioridad.
- 5) Considera los elementos de equipo integrados en conjunto, no aislados, que es como van a operar realmente, y en las condiciones de operación plausibles.

Debilidad:

- 1) La calidad del contenido y del resultado del análisis depende mucho del conocimiento, experiencia y penetración del equipo de profesionales analistas.
- 2) Consume tiempo y recursos.
- 3) No es una técnica cuantitativa.

- 4) La aplicación resulta pesada al principio aunque se agiliza mediante la práctica, se recomienda que al menos uno de los analistas tenga tal práctica de antemano.

- **Idoneidad de casos.**

El método encuentra su utilidad, principalmente, en instalaciones de proceso de relativa complejidad, o en áreas de almacenamiento con equipos de regulación o diversidad de tipos de trasiego (Storch, 2000).

Es particularmente provechosa su aplicación en plantas nuevas porque puede poner de manifiesto fallos de diseño, construcción, etc. que han podido pasar desapercibidos en la fase de idea o perfil. Por otra parte, las modificaciones que puedan surgir del estudio pueden ser más fácilmente incorporadas al diseño. Aunque la técnica está enfocada básicamente a identificar sucesos iniciadores relativos a la operación de la instalación, por su propia esencia, también puede ser utilizado para sucesos iniciadores externos a la misma (Storch, 2000).

- **Recursos y tiempo necesarios.**

- 1) Equipos multidisciplinares experimentados (4-6 miembros/equipo). Pueden trabajar varios equipos en paralelo analizando secciones diferentes de una planta compleja.
- 2) Entre 1,5 horas (análisis de instalación o proceso similares a otros existentes) y 3 horas (análisis de instalación o procesos nuevos) por cada recipiente (sistema) analizado. No se recomiendan sesiones de más de 3 horas por fatiga del equipo profesional. El análisis de una planta amplia puede consumir varios meses de trabajo.
- 3) Dado el gran volumen de información manejada y generada se recomienda el uso de medios informáticos auxiliares.

- **Medios informáticos.**

Los paquetes de software sirven para sistematizar el análisis, de manera que se puedan ejecutar de manera completa los pasos del método y para que se registren los resultados del mismo. Tales paquetes son (Storch, 2000):

- 1) Programa de Du Pont.

- 2) HAZSEC (Technica).
- 3) HAZOP (ITSEMAP).
- 4) PHAWORKS VI: Análisis mediante HAZOP; preparación de informes (PRIMATECH, USA) en ambiente Windows.
- 5) DDM-HAZOP: Análisis y preparación de informes (Dyadem Intl. Ltd, Canadá) en ambiente Windows.
- 6) HAZOP-PC/S: Análisis HAZOP (Seguconsult, SA, España). DOS/640 Kb RAM 500 Kb.

Análisis de causas y consecuencias (ACC)

- **Objetivos.**

- 1) Análisis cualitativo de los eventos o sucesos de fallo en sistemas complejos.
- 2) Parte de sucesos capitales que pueden ser básicos iniciadores, complejos, intermedios y/o factores condicionantes.
- 3) Prepara un marco estructural (árbol de causas/consecuencias) que sirve para efectuar análisis cuantitativo de riesgos.

- **Fuentes de información.**

Información Necesaria.

- 1) Toda la documentación del Proyecto, Planos, Diagramas, Procesos, etc.

- **Descripción del método.**

- 1) Proceso combinado.
- 2) Se emplean símbolos lógicos (de Nielsen) para expresar relaciones e interacciones parecidos a los de los árboles de fallos, más otros procedentes de las disyuntivas de los árboles de sucesos. Se definen, determinan y analizan conjuntos mínimos de fallos (CMF) como se hace en el método del árbol de fallos.

3) Se efectúan los análisis cualitativos, semicuantitativos y cuantitativo.

- **Procedimiento.**

1) Elección de un suceso capital para ser evaluado: puede ser complejo, como en el árbol de fallos, o iniciador, como en el árbol de sucesos.

2) Identificación de factores condicionantes y sucesos intermedios: incluye los elementos de seguridad.

3) Establecimiento de las secuencias de acontecimiento entre los elementos definidos en 1 y 2. Incluyendo sus salidas disyuntivas o no (hay sucesos intermedios que tienen una salida única).

4) Aplicación del árbol de fallos, matrices, etc, a las salidas de las disyuntivas que los supongan (por ejemplo: fallo de los elementos de seguridad, salidas únicas en fallo, etcétera).

5) Determinación de los conjuntos mínimos de fallo (CMF) tal y como se hace en los árboles de fallos.

6) Evaluación y registro escrito de resultados.

7) Elaboración de recomendaciones.

- **Características.**

1) Puede participar de los árboles de fallos y de las de los árboles de sucesos.

2) Emplea, en forma iterativa, procesos deductivos e inductivos.

3) Facilita análisis extremadamente detallados.

4) Puede incluir la variable tiempo en las secuencias de sucesos (por ejemplo: duración de averías, evolución de un suceso con el tiempo, etc.).

- **Idoneidad de casos.**

Para casos de sistemas complejos incluyendo muchos equipos, instrumentos, medidores de control y alarmas, operadores humanos, etc. Más aún cuando quiera hacerse un estudio cuantitativo probabilístico detallado.

- **Recursos y tiempo necesarios.**

- 1) Se hace necesario recolectar, ordenar y priorizar antes de iniciar las sesiones de estudio la información: de proceso, de equipamiento, de seguridad.
- 2) Tener un equipo de expertos multidisciplinario completo: Director-moderador, Secretario, Ingeniero(os) de Proceso, Ingeniero(os) de Proyecto, Ingeniero de Operación, Especialistas.
- 3) Tiempo extenso, que se puede minimizar con el uso de programas o paquetes informáticos de organización

www.bdigital.ula.ve

- **Medios informáticos.**

Son imprescindibles por la masa de información manipulada y por los cambios frecuentes entre procesos deductivos e inductivos.

En la tabla 2.5, se compiló los puntos fuertes y débiles de cada técnica escogida y explicada, con respecto a las fases de la etapa de planificación de un proyecto.

2.2.3.1.4. Análisis Semicuantitativos y Cuantitativos de Riesgos.

Esta fase se realiza solamente cuando la cualificación del riesgo es considerada media y alta, por consiguiente se hace necesario realizar un análisis más exhaustivo para tener una verdadera cuantificación. Según Storch (2000), los análisis semicuantitativos son técnicas de análisis críticos que emplean índices globales del potencial de riesgo estimados a partir de las estadísticas, estas pueden ser de disposición general o procedente de la experiencia de las compañías en el diseño y la operaciones de plantas semejantes a las que se trata de valorar.

Tabla 2.5. Matriz comparativa de las cinco técnicas seleccionadas vs las fases de la etapa de planificación de un proyecto.

FASES ANALISIS	Idea	Perfil	Pre-factibilidad	Factibilidad	Diseño
Lista de Chequeo				<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de lista con normas y estándares de seguridad, el incumplimiento provoca la modificación 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil, directo y controlado para ir diseñando y comprobando
APR	<ul style="list-style-type: none"> • Simple de usar, por consiguiente puedes usarse en esta fase preliminar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se identifican riesgos de una manera cualitativa y no es estructurado, asocia muchos riesgos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ayuda hacer modificaciones sencillas a los primeros cambios de factibilidad. • Depende mucho de la experiencia de los ejecutantes o analistas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asocia directamente las causas importante de riesgos • Es rápido y simple, por consiguiente barato, permitiendo un mejor estudio de los riesgos y las modificaciones que conllevan 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica los riesgos los evalúa y prever los principales para en esta fase profundizarlos. • Puede dejar pasar causas importantes de riesgos por no ser pocos aparentes.
¿Qué pasa sí?	<ul style="list-style-type: none"> • Permite establecer cualquier tipo de situación inicial que propicie un riesgo, haciendo preguntas sencillas • Las preguntas se formulan en función de la experiencia previa y se aplican, tanto a proyectos en ideas, como a proyectos en operación 	<ul style="list-style-type: none"> • En esta fase considera riesgos de orígenes variados • Eficaz como análisis inicial, proporciona pistas de los riesgos preliminares para ser profundizados posteriormente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Por ser económico en tiempo y medio puede considerar los remedios más significativos para las consecuencias haciendo el estudio mas expedito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden pasar desapercibidos riesgos ocultos o procedentes de causas coincidentes • Depende mucho de la experiencia de los analistas. • Como método único de estudio sólo sirve para instalaciones y procesos muy sencillos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Practico, intuitivo y profundo a la vez, ya que las preguntas se pueden ir mejorando a medida que el nivel de detalle aumenta. • Especial para modificar elementos de los equipos y procesos con los riesgos inherentes identificados en las fases anteriores.
HAZOP				<ul style="list-style-type: none"> • Método sistemático que consume tiempo. • Permite regresar a fases anteriores de forma sistemática y descubre desviaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite considerar los elementos de los equipos y procesos en conjuntos, no aislados, como van operar en realidad.
Análisis de Consecuencias				<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo extenso, que se puede minimizar con el uso de programas o paquetes informáticos de organización • Debe de tenerse un equipo de expertos altamente especializado 	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente para sistemas complejos, con muchos equipos, instrumentos y operadores humanos • Fácil análisis extremadamente detallado

Elaboración propia

Y el mismo Storch señala que los análisis cuantitativos refieren igual que los semi, pero con la adición de estructuras y cálculos para establecer la probabilidad de sucesos complejos (siniestros) a partir de valores individuales de la probabilidad de fallos que corresponde a los elementos implicado en los procesos de dicho proyecto industrial.

Las herramientas de estas técnicas son (Storch, 2000):

- La lógica matemática, basada en estructuras lógicas y relaciones entre sus elementos
- Estadística de frecuencia basada en los datos
- Cálculos de probabilidades cuantificables
- Software de servidores que manejen gran cantidad de datos y interacciones

En este capítulo menciona los tipos de técnicas para el análisis semicuantitativo y cuantitativo de riesgo, pero no se explican, ya que para efecto de este trabajo no se utilizaran, porque como se señaló en la justificación este trabajo se basa en los análisis cualitativos para reducir costos de análisis.

Los principales técnicas de análisis semicuantitativos y cuantitativos de riesgos son: el Índice Dow, el Índice Mod, el Índice SHI y MHI (Substance Hazard Index and Material Hazard Index), Arboles de Fallas (Fault Tree) y Arboles de Sucesos (Event Tree).

2.2.3.1.5. Planificación de la Respuesta a Riesgos.

En esta fase se maneja la actividades antes los riesgos, ya obtenido los resultados de la valoración ya sea cualitativamente o cuantitativamente se procede a realizar una serie de estrategias para accionarse con cada riesgo, con la revisión de la documentación los planes de respuestas. Hay disponibles varias estrategias de respuesta a los riesgos, para cada riesgo se debe seleccionar la estrategia o la combinación de estrategias con mayor probabilidad de ser efectiva, luego se desarrollan acciones específicas para implementar esa estrategia. Se pueden seleccionar estrategias principales y de refuerzo. También puede desarrollarse un plan de reserva, que será implementado si la estrategia seleccionada no resulta ser totalmente efectiva o si se produce un riesgo aceptado. A menudo, se asigna una reserva para contingencias siniéstrales. Finalmente, pueden desarrollarse planes para contingencias, junto con la identificación de las condiciones que disparan su ejecución (PMI, 2004).

- **Estrategias para Amenazas.**

Se examinan las tres estrategias que normalmente se ocupan de las amenazas y los eventos que pueden tener impactos negativos (consecuencias) sobre los objetivos del proyecto en caso de ocurrir. Estas estrategias son evitar, transferir y mitigar:

Estrategia de Evitar.

Evitar el riesgo, implica cambiar el plan de gestión del proyecto para eliminar la amenaza que representa un riesgo adverso, aislar los elementos del proyecto que impacten en el riesgo o relajar el elemento que está en peligro (ver definiciones), por ejemplo, ampliando el cronograma de revisión o reduciendo el alcance de este peligro. Algunos riesgos que surgen en las etapas tempranas del proyecto pueden ser evitados aclarando los procesos, obteniendo información, mejorando la comunicación interna o adquiriendo experiencia en campo.

Estrategia de Transferir.

Transferir el riesgo requiere trasladar el impacto negativo de una amenaza, junto con la propiedad de la respuesta, a un tercero. Transferir el riesgo simplemente da a otra parte la responsabilidad de su gestión; no lo elimina. Transferir la responsabilidad del riesgo es más efectivo cuando se trata de exposición a riesgos financieros. Transferir el riesgo casi siempre supone el pago de una prima de riesgo a la parte que toma el riesgo. Las herramientas de transferencia pueden ser bastante diversas e incluyen, entre otras, el uso de seguros, garantías de cumplimiento, cauciones, certificados de garantía, etc. Pueden usarse contratos para transferir a un tercero la responsabilidad por riesgos especificados. En muchos casos, se puede usar un tipo de contrato de costos para transferir el riesgo de costos al comprador, mientras que un contrato de precio fijo puede transferir el riesgo al vendedor, si el diseño del proyecto es estable.

Estrategia de Mitigar.

Mitigar el riesgo implica reducir la probabilidad y / o la consecuencia de una amenaza a un umbral aceptable. Adoptar acciones tempranas para reducir la probabilidad de la ocurrencia

de un riesgo y / o su impacto sobre el proyecto a menudo es más efectivo que tratar de reparar el daño después de que ha ocurrido el riesgo. Adoptar procesos menos complejos, realizar más pruebas o seleccionar un proveedor más estable son ejemplos de acciones de mitigación. La mitigación puede requerir el desarrollo de un prototipo para reducir el riesgo de pasar de un modelo a escala de un proceso o producto a uno de tamaño real. Donde no es posible reducir la probabilidad, una respuesta de mitigación puede tratar el impacto del riesgo, dirigiéndose específicamente a los elementos que determinan su severidad. Por ejemplo, diseñando redundancia en un subsistema se puede reducir el impacto que resulta de un fallo del componente original. En nuestro caso para cada amenaza se le colocó las posibles respuestas para reducir las consecuencias, ver tabla 3.3

Estrategia de Aceptar.

Estrategia que se adopta debido a que rara vez es posible eliminar todo el riesgo de un proyecto. Esta estrategia indica que el equipo del proyecto ha decidido no cambiar el plan de gestión del proyecto para hacer frente a un riesgo, o no ha podido identificar ninguna otra estrategia de respuesta adecuada. Puede ser adoptada tanto para las amenazas como para las oportunidades. Esta estrategia puede ser pasiva o activa. La aceptación pasiva no requiere acción alguna, dejando en manos del equipo del proyecto la gestión de las amenazas o las oportunidades a medida que se producen. La estrategia de aceptación activa más común es establecer una reserva para contingencias, que incluya la cantidad de tiempo, dinero o recursos necesarios para manejar las amenazas o las oportunidades conocidas, o incluso también las posibles y desconocidas.

- **Estrategia de Respuesta para Contingencias.**

Algunas respuestas están diseñadas para ser usadas únicamente si tienen lugar determinados eventos. Para algunos riesgos, resulta adecuado que el equipo del proyecto prepare un plan de respuesta que sólo se ejecutará bajo determinadas condiciones predefinidas, si se cree que habrá suficientes señales de advertencia para implementar el plan. Los eventos que disparan la respuesta para contingencias, como no cumplir con hitos intermedios o ganar una prioridad más alta con un proveedor, deben ser definidos y seguidos.

2.2.3.1.6. Seguimiento y Control de Riesgos.

El Project Management Institut (PMI,2004), explica al seguimiento y control, como el proceso de llevar el registro de los riesgos identificados, darle seguimiento a los riesgos desechados (no manejados dentro del modelo) e identificar nuevos riesgos, intentando asegurar la ejecución del plan de respuesta a los riesgos así como evaluando la efectividad del mismo plan para manejar los riesgos. Este proceso registra los indicadores correspondientes asociados con la implantación del plan de respuesta. Este es un proceso continuo, que se aplica durante la etapa de ejecución de la vida del proyecto, ya que los riesgos cambian a medida que avanza el proyecto, se generan nuevos riesgos y otros desaparecen anticipadamente.

Es fundamental que este proceso provea toda la información necesaria para la toma de decisiones efectiva antes de que la amenaza aparezca o para que la oportunidad florezca con la mayor anticipación posible. En este sentido, también, se hace necesario que todos los involucrados estén informados permanentemente del proceso.

- **Información Requerida.**

- **Plan general de respuesta y contingencia del proyecto.**

Este plan tiene entradas clave que incluyen la asignación de personas, incluidos los supervisores de los riesgos, de tiempo y otros recursos para la gestión de los riesgos del proyecto.

- **Registro de amenaza y consecuencias, valoración de riesgos.**

El registro de riesgos tiene entradas clave que incluyen los riesgos identificados y los propietarios de los riesgos, las respuestas a los riesgos acordadas, las acciones de implementación específicas, los síntomas y las señales de advertencia de riesgos, los riesgos residuales y secundarios, una lista de supervisión de los riesgos de baja prioridad, y las reservas para contingencias de tiempo y coste.

- **Solicitudes de Cambio Aprobadas.**

Las solicitudes de cambio aprobadas, pueden incluir modificaciones, por ejemplo, a los métodos de trabajo, los términos del contrato, el alcance y el cronograma. Los cambios

aprobados pueden generar riesgos o cambios en los riesgos identificados, y esos cambios deben ser analizados para detectar los efectos que pueden tener sobre el registro de riesgos, el plan de respuesta a los riesgos o el plan contingencia. Todos los cambios deberán documentarse formalmente. Todo cambio discutido oralmente, pero no documentado, no deberá procesarse o implementarse.

- **Información sobre el Rendimiento del Trabajo.**

La información sobre el rendimiento del trabajo, incluidos el estado de los productos entregables del proyecto, las acciones correctivas y los informes de rendimiento, son entradas importantes al Seguimiento y Control de Riesgos.

- **Procesamiento de la información y herramientas en el seguimiento y control.**

- **Reevaluación de los Riesgos.**

El proceso Seguimiento y Control de Riesgos a menudo requiere la identificación de nuevos riesgos y la reevaluación de los riesgos, mediante la utilización de los procesos descritos en el capítulo anterior según corresponda. Las reevaluaciones de los riesgos del proyecto deben ser programadas con regularidad, porque los riesgos del proyecto deben ser un punto del orden del día en las reuniones sobre el estado del equipo del proyecto. La cantidad y el nivel de detalle de las repeticiones que corresponda hacer dependerán de cómo avance el proyecto en relación con sus objetivos. Por ejemplo, si surge un riesgo que no había sido anticipado en el registro de riesgos ni incluido en la lista de supervisión, o si su impacto sobre los objetivos difiere de lo esperado, la respuesta planificada puede no ser la adecuada. En estos casos será necesario realizar una planificación de respuesta adicional para controlar el riesgo.

- **Auditorías de los Riesgos.**

Las auditorías de los riesgos examinan y documentan la efectividad de las respuestas a los riesgos para tratar los riesgos identificados y sus causas, así como la efectividad del proceso seguimiento y control de riesgos.

- **Análisis de Reserva Contingencia.**

A lo largo de la ejecución del proyecto, es posible que tengan lugar algunos riesgos, con impactos positivos o negativos sobre las reservas para el Plan de contingencias en el

presupuesto o del cronograma. El análisis de reserva compara la cantidad de reservas para contingencias restantes con la cantidad de riesgo restante en cualquier momento del proyecto, a efectos de determinar si la reserva restante es suficiente.

- **Reuniones sobre el Estado de la Situación.**

Como los riesgos del proyecto deben ser un punto del orden del día en las reuniones periódicas sobre el estado de la situación. Ese punto puede no llevar nada de tiempo o puede llevar mucho tiempo, dependiendo de los riesgos que hayan sido identificados, su prioridad y dificultad de respuesta. Cuanto más se practica la filosofía de riesgos, más fácil resulta llevarla a cabo, y las discusiones frecuentes sobre los riesgos hacen que sea más fácil hablar de los riesgos, en particular de las amenazas, y que se haga con mayor exactitud.

El control implica no solamente tomar acción preventiva sino correctiva; esta acción puede cambiar cualquier componente del proyecto, direccionar cualquier área de conocimiento de las contempladas por el PMI y puede conducir, incluso, a cambiar parte del plan del proyecto.

www.bdigital.ula.ve

- **Resultado de las acciones en el seguimiento y control de riesgos.**

- **Registro de amenazas y consecuencias, valoración de riesgos (Actualizaciones)**

Un registro de amenazas y consecuencias, valoración de riesgos de riesgos actualizados contiene (PMBOK, 2004):

- Resultados de las reevaluaciones, auditorías y revisiones periódicas de los riesgos. Estos resultados pueden incluir actualizaciones de la probabilidad, impacto, prioridad, planes de respuesta, propiedad y otros elementos del registro de riesgos. Los resultados también pueden incluir cerrar los riesgos que ya no sean aplicables.
- Los resultados reales de los riesgos del proyecto, y de las respuestas a los riesgos que pueden ayudar a los directores de proyecto en la planificación de riesgos para toda la organización, así como en proyectos futuros.

- **Cambios Solicitados.**

La implementación de planes para contingencias o soluciones alternativas con frecuencia lleva a tener que cambiar el plan de gestión del proyecto para dar respuesta a los riesgos. Se

debe prepara los cambios solicitados y ser enviados al proceso, donde se gestionen los cambios, como una salida del proceso seguimiento y control de riesgos. Se emiten las solicitudes de cambio aprobadas y pasan a ser enviadas a la dirección y ejecución del Proyecto (gerencia) y luego al proceso de seguimiento y control de riesgos.

- **Acciones Correctivas Recomendadas.**

Las acciones correctivas recomendadas incluyen los planes para contingencias y los planes de soluciones alternativas. Estos últimos son respuestas no planificadas inicialmente, pero que son necesarias para tratar los riesgos emergentes no identificados previamente o aceptados de forma pasiva.

- **Acciones Preventivas Recomendadas.**

Las acciones preventivas recomendadas se usan para hacer que el proyecto cumpla con el plan de gestión del proyecto.

- **Plan de Gestión del Proyecto (Actualizaciones).**

Si las solicitudes de cambio aprobadas tienen efecto sobre los procesos de gestión de riesgos, los correspondientes documentos de componentes del plan de gestión del proyecto se revisan y emiten nuevamente para reflejar los cambios aprobados.

2.2.4. Complementariedad de lineamientos.

A fines de establecer conceptualmente los lineamientos que se van a proponer en este trabajo, se realizó un estudio de complementariedad de los tres trabajos escogidos como base documental de lineamientos teóricos para la gestión de los riesgos. Los trabajos mencionados en la sección 2.1 de los antecedentes, fueron: Lobo (2010), Ugas (2006) y PMI (2004), los cuales expresan una serie de lineamientos generales definitivos que involucran en análisis de los riesgos y su subsecuente aplicación a un caso industrial.

Esta comparación se realizó por medio de una matriz, expresada en la tabla 2.4, sometiendo a cada autor a las fases de la gestión de los riesgos establecida por el PMI en su PMBOK (2004)

De la coincidencia obtenida de la comparación, permite definir la ruta de los lineamientos preliminares que se desarrollaran en este trabajo.

2.3. Descripción general del área de estudio.

La zona sur-occidental del país, conformada por los estados Barinas, Apure, Mérida, Portuguesa y Táchira, tiene una logística de suministro de combustibles muy compleja, siendo quizás el área más proclive a padecer déficits de suministro en caso de contingencia operacional, tal como ocurrió durante la huelga petrolera de diciembre de 2002. Apure y Barinas mantienen una actividad petrolera basada en la conformación de la mezcla Guafita Blend, la cual se envía desde Apure hasta la Refinería El Palito (estado Carabobo), retornando parte de los productos refinados a través de gandolas que salen de Bajo Grande (Zulia) y del Llenadero SISCO en Barquisimeto (CIDIAT, 2010).

Por esta razón, PDVSA visualizó en el año 2005 la construcción de una Refinería que procese 100 MBD, para satisfacer los requerimientos de esos estados y garantizar efectivamente el suministro de combustibles; a objeto de hacer más flexible el Proyecto en función de la disponibilidad de crudos. La RBSI será capaz de procesar cualquier mezcla con 26 a 28 °API. (CIDIAT, 2010).

El Proyecto desarrollará la definición, implantación y operación de la Refinería Batalla Santa Inés (RBSI), a fin de:

- Satisfacer los requerimientos de combustible de los estados mencionados.
- Alcanzar una mayor flexibilidad operacional en el suministro de combustibles.
- Favorecer el desarrollo endógeno sustentable de la región, mediante la generación de 320 empleos directos y 960 indirectos durante la operación de la refinería y de 1.800 directos y 7.200 indirectos durante su construcción. (CIDIAT, 2010)

Tabla 2.6. Matriz de complementariedad de Lineamientos de los trabajos revisados.

FASES TRABAJOS	Planificación	Identificación de riesgos	Análisis de riesgos	Plan de Respuesta	Plan de Seguimiento y Control
PMI (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Factores ambientales de la empresa. • Plan de gestión del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de documentación. • Recopilación de información • . 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis por lista de control. • Análisis por asunciones. • Análisis cuantitativos de riesgos 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestión de riesgos. • Registro de riesgos valorados y cuantificados dado el caso. • Estrategias de mitigación y contingencias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestión de riesgos. • Registro de riesgos valorados y cuantificados dado el caso. • Reevaluación de riesgos. • Auditoría. • Análisis de variación y tendencias.
Ugas (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • el plan de gestión sólo define un enunciado básico del alcance que contiene objetivos, situación problemática y justificación, se desarrolla el cronograma, se elabora una estimación de costos y se indica la disponibilidad presupuestaria y se desarrolla detalladamente los procesos de procura. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se desarrollan los planes de riesgo, se formula 	<ul style="list-style-type: none"> • No se desarrollan los planes de riesgo, se formula 		
Lobo (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de la descripción del proyecto. • Revisión de la caracterización ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación y evaluación de impactos 	<ul style="list-style-type: none"> • No se realizo análisis cualitativos ni cuantitativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación y divulgación de Protocolo de Respuesta ante la ocurrencia de eventos tecnológicos. • Divulgación de los protocolos de respuestas a los entes de respuestas externas y población cercana 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de seguimiento. para impactos ambientales • Plan de supervisión ambiental.

Elaboración Propia

El sitio de emplazamiento de la Refinería Batalla Santa Inés fue seleccionado en el año 2007 a través del “Estudio Socio Ambiental Específico para la Ubicación de la Refinería Batalla de Santa Inés y la Generación de un Polo de Desarrollo Regional Sustentable”, el cual culminó con el desarrollo del Complejo Industrial Santa Inés (COMINSI), realizado por el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de Los Andes (CIDIAT, 2010).

El Complejo Industrial Santa Inés nace de la necesidad de impulsar el desarrollo socio – productivo del eje occidental de Venezuela, cónsono con las políticas impartidas por Gobierno Nacional relativas a activar el eje Orinoco – Apure. Este complejo contará con una serie de empresas relacionadas con el área manufacturera, construcción, agrícola, industrial, petrolera, entre otras.

El Complejo Industrial Santa Inés (COMINSI); consistirá de una serie de Proyectos, los cuales serán desarrollados en diferentes etapas y bajo diferentes patrocinantes, estos Proyectos incluyen, además de la Refinería Batalla de Santa Inés (la cual estará en capacidad de producir diariamente barriles de gasolina, barriles de fuel oil, barriles de diesel automotriz y barriles de asfalto y todo esto, servirá para cubrir la demanda de combustible de los estados Apure, Barinas, Mérida, Portuguesa y el oriente del Táchira), un parque industrial adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias (MPPCTIII), una planta eléctrica, una planta de suministro de combustibles, así como áreas destinadas a PDVSA Servicios y las edificaciones administrativas. En la tabla 2.6, se presenta un listado de los futuros Proyectos asociados al COMINSI y en la Figura 2.6, se muestra la distribución espacial de los mismos.

Con el fin de garantizar el cumplimiento de los compromisos adquiridos y como apoyo a los desarrollos asociados al Complejo Industrial Santa Inés, la Directiva de la Empresa ha orientado sus esfuerzos hacia la construcción de un sector de edificaciones administrativas, comedor, vialidad de acceso, planta de generación eléctrica, tendidos eléctricos, planta de tratamiento de aguas servidas, pozos de agua y demás obras conexas denominada Zona 2, la cual será el caso de estudio para la aplicación de los lineamientos preliminares.

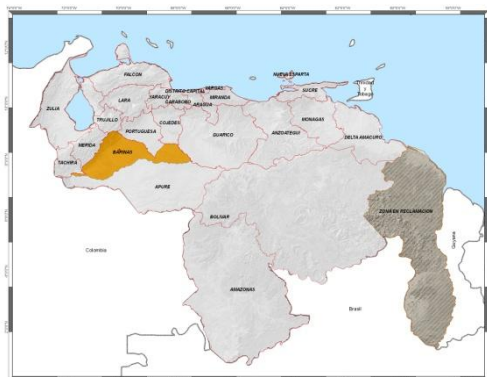
Tabla 2.7. Componentes Institucionales de Complejo COMINSI

INSTITUCIÓN RESPONSABLE	PROYECTO
PEQUIVEN	Fábrica de bombonas plásticas para gas doméstico
	Fábrica de Guacales y Cestas Plásticas
	Fábrica de Estibas Plásticas
	Fábrica de Sacos
	Planta Mezcladora de Fertilizantes
	Planta Procesadora de Leche
Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias (MPPCTII)	Fábrica de Asfalto y Concreto
	Fábrica de Maquinas de Herramientas
	Fábrica de Camiones Rurales
	Fábrica de Tractores
	Fábrica de Motocicletas
	Fábrica de Camiones de Carga
	Fábrica de Asfalto y Concreto
PDVSA Gas, Planta de suministro de combustibles	Tanques
	Llenadero de Combustible
	Sistema de bombeo
	Planta de Llenado/ Llenadero GLP
Gerencia Regional de Empresas de Propiedad Social (GREPS), PDVSA	Fábrica de Adoquines
	Servicios Metalmecánicos
	Taller de reparación de transformadores y motores eléctricos
	Taller Misión Ribas
	Fábrica de Adobes
	Comedor
PDVSA Servicios	Taller de mantenimiento de taladros
PDVSA Agrícola	Centro piscícola
	Centro porcino
	Planta de abastecimiento de alimentos balanceados
Ministerio del Poder Popular para el Ambiente	Edificio Administrativo con Escuela Forestal
Instalaciones externas (Offsites). PDVSA	Tubería de Gas Natural

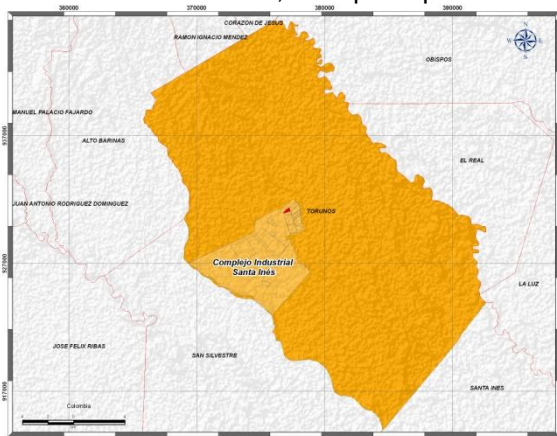
Fuente: CIDIAT, 2010

La poligonal del Complejo Industrial Santa Inés, (COMINSI) tal como se muestra en la Figura 2.7, tiene en términos cartográficos en su interior, la poligonal de la Refinería, abarcando una superficie aproximada de 4028 ha., siendo la Zona 2 nuestro caso de estudio solo de 11,12 ha.

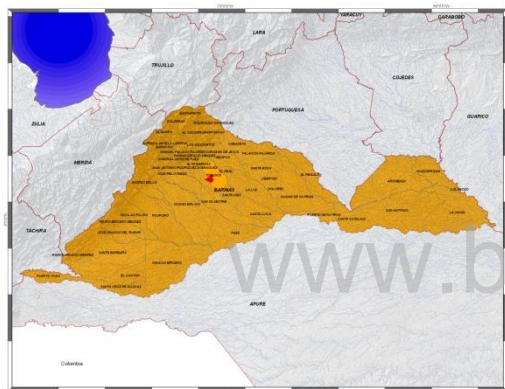
Ubicación Relativa Nacional



Ubicación Relativa Local, en la parroquia Torunos



Ubicación Relativa Regional, en el estado Barinas



Ubicación Relativa dentro del COMINSI

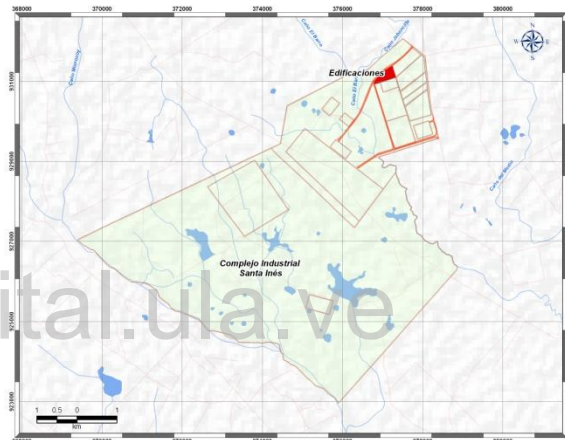


Figura 2.6. Vista de la ubicación relativa de Área de la Zona 2, en la poligonal del COMINSI

Fuentes: CIDIAT, 2010.

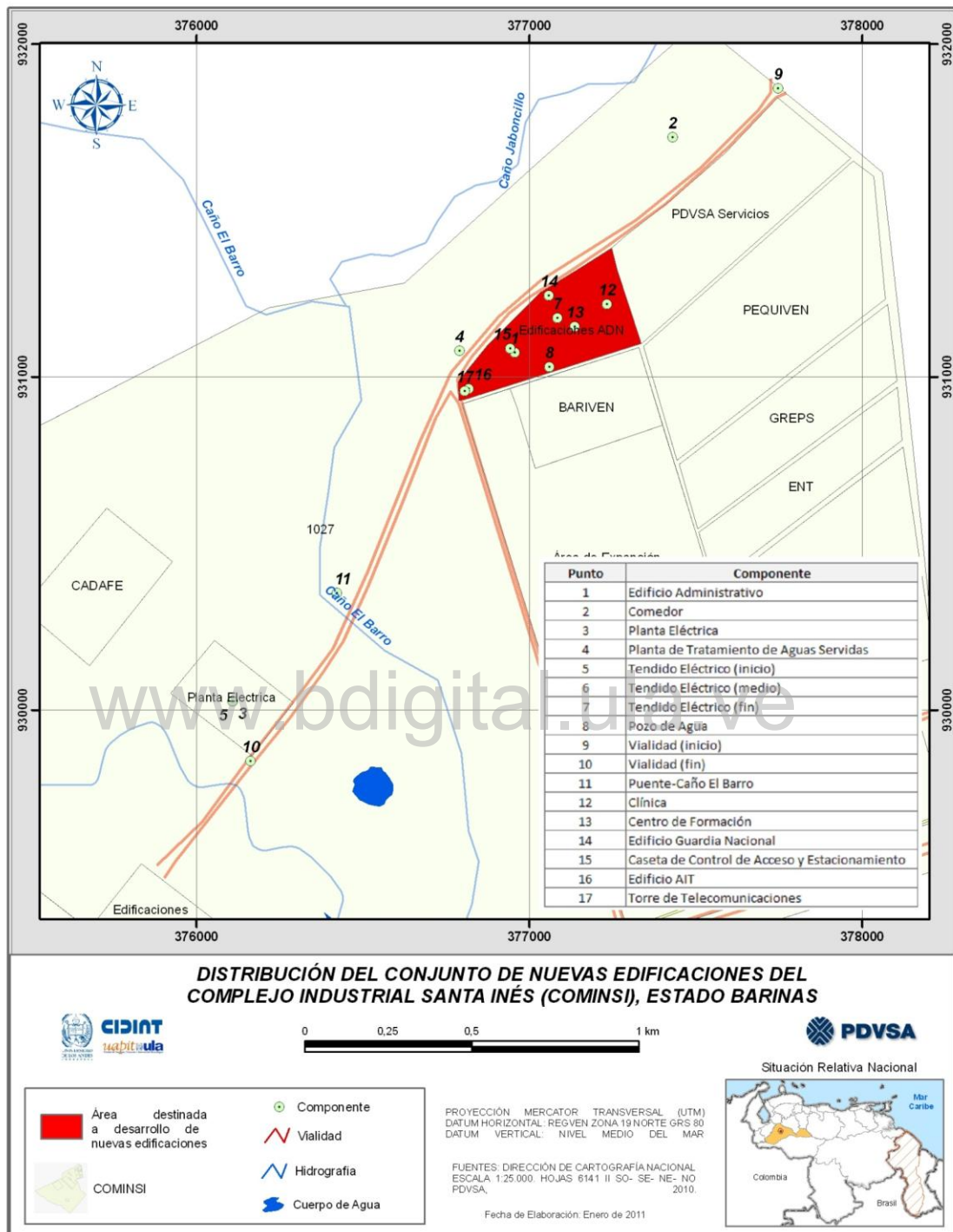


Figura 2.7. Vista del Área de la Zona 2

Fuente: CIDIAT, 2010



12 COORDENADAS DE EDIFICACIONES ADMINISTRATIVAS

PLANTA ELECTRA

PUNTO	ESTE	NORTE
F-1	377 020.33	951 217.96
F-2	377 028.12	951 227.46
F-3	377 071.38	951 221.49
F-4	377 017.89	951 018.42

- COMON

PUNTO	ESTE	NORTE
F-5	378 991.44	951 206.26
F-6	378 998.08	951 000.87
F-7	378 954.26	950 980.20
F-8	378 928.14	950 995.18
F-9	378 932.87	951 017.90

- DANIEY

PUNTO	ESTE	NORTE
F-10	378 945.33	951 214.06
F-11	378 956.95	951 014.06
F-12	378 965.65	951 001.11
F-13	378 965.33	951 001.11

- EDIFICIO ADMINISTRATIVO 1

PUNTO	ESTE	NORTE
F-14	378 955.42	951 231.99
F-15	377 022.10	951 007.14
F-16	377 024.83	951 007.28
F-17	378 957.45	951 006.02

- EDIFICIO ADMINISTRATIVO 2

PUNTO	ESTE	NORTE
F-18	378 958.12	951 247.83
F-19	377 022.59	951 047.63
F-20	377 022.09	951 027.64
F-21	378 955.12	951 027.64

- EDIFICIO ADMINISTRATIVO 3

PUNTO	ESTE	NORTE
F-22	378 928.83	951 237.64
F-23	378 928.66	951 027.64
F-24	378 928.26	951 047.63
F-25	378 928.83	951 047.63

- EDIFICIO ADMINISTRATIVO 4

PUNTO	ESTE	NORTE
F-26	377 927.00	951 288.02
F-27	378 928.32	951 007.28
F-28	378 928.32	951 007.14
F-29	378 928.23	951 001.89

- TANQUE Y TRATAMIENTO AGUA POTABLE

PUNTO	ESTE	NORTE
F-30	377 928.90	951 239.28
F-31	377 028.00	951 028.21
F-32	377 028.38	951 028.21
F-33	377 028.38	951 027.28

- CENTRO DE FORMACION

PUNTO	ESTE	NORTE
F-34	377 928.24	951 282.24
F-35	377 026.23	951 128.12
F-36	377 078.74	951 128.12
F-37	377 081.90	951 142.83
F-38	377 115.17	951 142.83
F-39	377 118.40	951 120.89
F-40	377 115.17	951 142.83
F-41	377 028.24	951 120.89
F-42	377 028.24	951 120.89
F-43	377 117.08	951 171.87
F-44	377 118.25	951 181.86
F-45	377 118.25	951 181.86
F-46	377 118.11	951 184.86
F-47	377 118.24	951 182.80
F-48	377 118.24	951 182.80
F-49	377 118.24	951 182.80
F-50	377 118.24	951 182.80
F-51	377 118.24	951 182.80
F-52	377 118.24	951 182.80
F-53	377 118.24	951 182.80
F-54	377 118.24	951 182.80
F-55	377 118.24	951 182.80
F-56	377 118.24	951 182.80
F-57	377 118.24	951 182.80
F-58	377 118.24	951 182.80
F-59	377 118.24	951 182.80
F-60	377 118.24	951 182.80
F-61	377 118.24	951 182.80
F-62	377 118.24	951 182.80
F-63	377 118.24	951 182.80
F-64	377 118.24	951 182.80

- CLINICA INDUSTRIAL

PUNTO	ESTE	NORTE
F-65	377 247.77	951 247.77
F-66	377 238.26	951 142.83
F-67	377 233.26	951 166.11
F-68	377 232.85	951 166.11
F-69	377 232.85	951 166.11
F-70	377 232.85	951 166.11
F-71	377 232.85	951 166.11
F-72	377 232.85	951 166.11
F-73	377 232.85	951 166.11
F-74	377 232.85	951 166.11
F-75	377 232.85	951 166.11
F-76	377 232.85	951 166.11
F-77	377 232.85	951 166.11

- GUARDIA NACIONAL

PUNTO	ESTE	NORTE
F-78	377 078.18	951 208.26
F-79	377 028.80	951 228.00
F-80	377 028.80	951 227.14

- CENTRO DE ACCESO VEHICULAR

PUNTO	ESTE	NORTE
F-81	377 028.08	951 216.87
F-82	377 028.08	951 217.78
F-83	377 028.08	951 217.78
F-84	377 028.08	951 216.83

Figura 2.8. Vista del conjunto de implementación de las nuevas edificación Fuente: CIDIAT, 2010

CAPITULO 3

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo del trabajo se expresa la serie de pasos, procedimientos y la indicación de instrumentos y mecanismos a aplicar en la consecución de los objetivos planteados. En este caso la metodología fue subdividida en 4 etapas, iniciando con la etapa I (Preliminar), en donde se describen las actividades que fueron realizadas y enfoques considerados para elaborar el marco conceptual ó teórico y el proceso para la escogencia de las técnicas de análisis de riesgos que se adecuen al nivel de elaboración o vida de un proyecto industrial. En la etapa II (Exploratoria), hace una descripción de la técnica escogida para analizar los riesgos, el método utilizado para la selección de los indicadores en materia de riesgo y su valoración por los expertos, así como identificar los lineamientos teóricos ideales, como lista de verificación tomando en consideración los datos disponible en cuanto al estadio del proyecto industrial, y En la etapa III (Formulación), se explica detalladamente los lineamientos y estructura definida en el instrumento de medición para su aplicación. Por último la etapa IV (Final), que describe lo elaborado en la validación técnica definitiva para la posterior aplicación del instrumento de medición (ver figura 3.1). A continuación se hace una descripción detallada de cada una de las etapas antes nombradas:

3.1 Etapa I: Preliminar.

Se realizó una consulta detallada en materiales bibliográficos procedente de libros de las biblioteca de la Universidad de los Andes, específicamente la BIACI, la biblioteca del CIDIAT, como tesis y proyectos realizados en esta institución, revisión del Manual PMI 2004, además fueron identificados los autores más relevantes involucrados en el tema de gestión de Riesgos y su aplicación en proyectos industriales a través de la Web, enfocando la conformación del marco teórico y descripción del área de estudio en los siguientes puntos:

- Conceptos básicos utilizados en la gestión de riesgos (PMI, 2004)
- Metodologías de análisis de riesgos.

- Aplicabilidad de los métodos de análisis de riesgos según la vida de un proyecto.

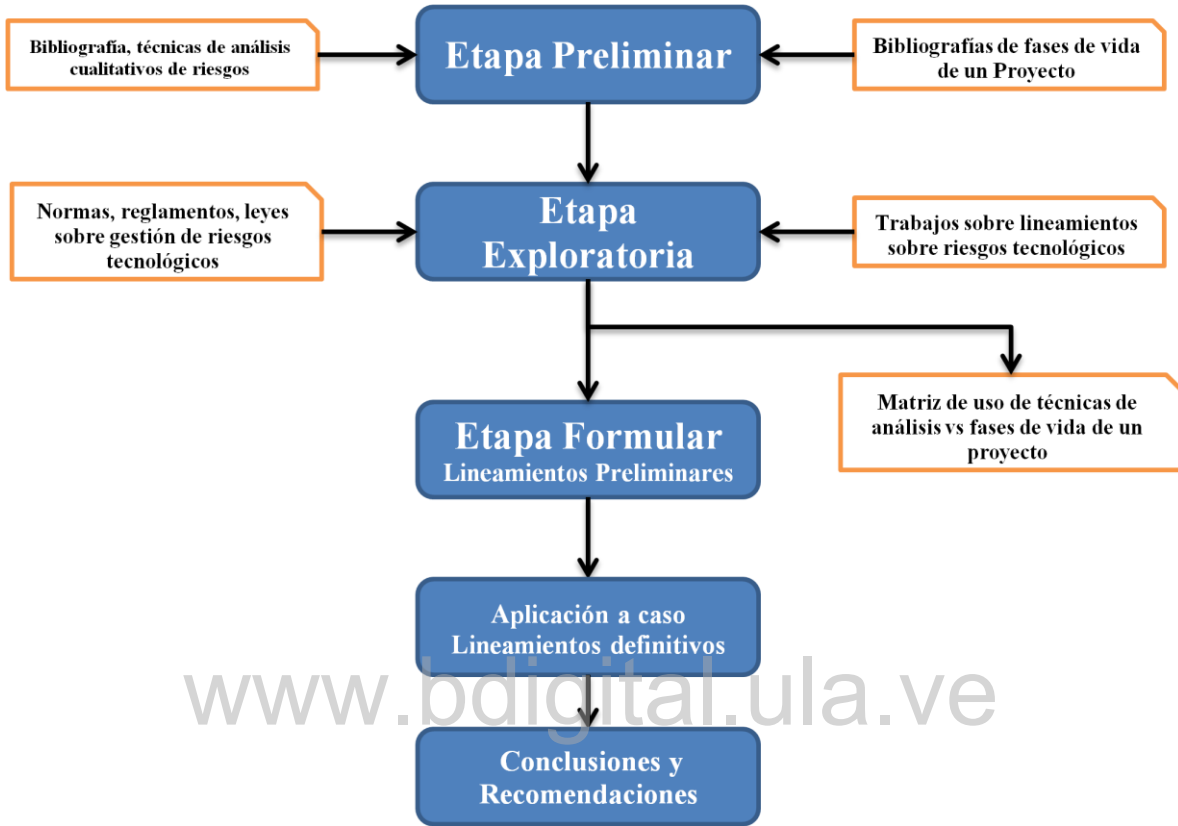


Figura 3.1. Diagrama de flujo de la metodología de trabajo.

Elaboración Propia

- Conceptualización de métodos teóricos considerados en el trabajo para la formulación
- Descripción de las condiciones físico-naturales existentes en el área de Estudio.
- Descripción de las premisas de seguridad laboral aplicada y de filosofía de diseño seguro durante las fases de construcción y operación en la Zona 2

En esta etapa se levanto la comparación de las diferentes técnicas de análisis de riesgo que se ejecutan comúnmente en la industria química y petrolera, en nuestro caso la industria nacional PDVSA, asociando cada técnica a la etapa de vida de un proyecto, desde su etapa de perfil, hasta cierre, comparando sus ventajas y desventajas en cada etapa, importante para el análisis y formulación de los lineamientos.

3.2 Etapa II: Exploratoria.

3.2.1. Identificación de lineamientos metodológicos para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria.

Para los fines del trabajo, la identificación de “lineamientos metodológico para la cualificación”, consiste en hacer un diagnóstico que sirva de modelo o patrón de cómo la industria deben desarrollar un buena gestión de riesgo a partir de la cualificación de la seguridad y riesgo en sus proyectos, programas, proyectos, actividades y acciones, durante cualquier etapa de su desarrollo, para el cumplimiento de los objetivos establecidos previamente, tomando en cuenta la variable riesgo y adaptándose a las realidades existentes. Además es importante decir que identificar lineamientos teóricos en la búsqueda de una situación ideal, constituye el elemento de partida para poder darle alcance al objetivo primordial del estudio, y no es más que contribuir con el fortalecimiento institucional y comunitario, basados en las técnicas análisis cualitativos de riesgos existentes, en las normas y procedimientos legales e internos relativos a seguridad, higiene y salud ocupacional, para la planificación en los proyectos industriales desarrollados por la Gerencia de Ingeniería de PDVSA, de protocolos de prevención y contingencia que asocie integralmente los diferentes actores de los Complejos Industriales y del Project Management Institute (PMI) y su PMBOK del 2004, (Project Management Body of Knowledge).

La identificación de los lineamientos metodológicos para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria fue realizada de la siguiente manera:

- **Levantamiento de información bibliográfica para identificar los lineamientos metodológicos para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria.**

Se realizó una investigación inicial exploratoria para la recopilación de información relacionada con las diferentes técnicas de cualificación del riesgo y la gestión de riesgo en proyecto industriales, en donde se consulto diferentes bibliografías de autores entre los cuales destacan: Storch de García en su libro, Manual de Seguridad Industrial en Plantas

Química y Petroleras, (2000) y los autores mencionados en el apartado 2.1.1. del capítulo II, se consideraron también. De igual manera, los trabajos preliminares realizados por Ugas, (2008) que uso el PMBOK del 2004, para evaluar la gestión del riesgo en Enlven y Carbozulia, Lobo (2010), en su trabajo de tesis de maestría como antecedente de formulación de lineamientos asociados al riesgo. Estos autores fueron considerados dentro de la investigación en principio por sus diferentes criterios y en el aporte dado para la comparación de sus lineamientos en el marco teórico de este trabajo.

- **Selección de expertos en materia de riesgo y en gestión de riesgos.**

Para el sustento de la parte técnica y del sustento de la validación de los indicadores del instrumento escogido para la cualificación del riesgo, de los lineamientos teóricos y su implementación se escogieron los expertos directamente dentro del marco donde se desarrollo el proyecto donde se valido este trabajo, tales profesionales fuero seleccionado directamente por su experiencia en riesgos y por su `participación en el proyecto. Los expertos fueron:

- Profesor Raúl Estévez (riesgo)
- Profesor Miguel Cabeza(riesgos, proyecto)
- Profesora Kretheis Márquez(riesgo, proyecto)
- Profesor Jaime Lafaille (riesgo)
- Ing. Luis Cañas (riesgo)
- Profesor Pérez Roa (riesgo, proyecto)

No fueron escogidos por ningún otro método más que por su conocimiento en riesgos y su vinculación primordial en el proyecto al cual se le realizo el estudio de este trabajo.

3.2.2. Validación preliminar de lineamientos metodológicos para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria.

Luego de la identificación de los expertos, se hizo necesario realizar una validación inicial de la información recopilada, para esto se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Validación de lineamientos teóricos metodológicos con expertos riesgos.**
 - En la búsqueda de hacer más cómodo el proceso de validación, se formuló y conformo una estructura preliminar matricial con la finalidad de facilitarles a los expertos la revisión y aprobación de la información de manera más rápida y eficaz sobre las técnicas de análisis de riesgos en la industria y su asociación con la fase de vida de un proyecto, y en segundo lugar acercarse a una estructura base para la conformación e implementación del instrumento de medición final de los lineamiento preestablecidos.
 - Luego de haber definido la estructura preliminar de lineamientos teóricos metodológicos en el ámbito de riesgos, esta fue presentada a tres de los expertos en riesgos seleccionados, en donde los mismos revisaron y evaluaron de forma detallada la información.
 - Posteriormente fueron programadas una serie de reuniones en donde fue discutido y analizado punto por punto la información para conformar los lineamientos teóricos para el acercamiento a una situación ideal de acuerdo a los expertos.
 - Luego de realizadas las reuniones se llevo a una serie de acuerdos con los expertos de riesgo, en donde se consideraron sugerencias técnicas allí manifestadas para la adecuación, mejoramiento y conformación de la estructura final del instrumento de medición.

- **Validación de lineamientos teóricos con expertos de riesgos en el proyecto y de los indicadores.**
 - Fue presentada la información y la estructura preliminar esquematizada a los expertos involucrados en el proyecto, incluyendo las sugerencias técnicas y modificaciones realizadas anteriormente con los expertos en riesgos.
 - Se programaron una serie de reuniones periódicas buscando evaluar, analizar y conformar los valores, la estructura ideal y definitiva para la conformación del instrumento final que sirva como lineamiento de análisis cualitativo del riesgo en instalaciones industriales.

- Fueron considerados los valores de los indicadores y criterios preliminares anteriormente discutidos y aprobados con los expertos en el proyecto e incorporados criterios técnicos para la sensibilidad de los valores sugeridos en la conformación del instrumento.
- Se definió y conformo la estructura definitiva para la implementación del instrumento de medición.

3.3 Etapa III: Formulación.

3.3.1. Explicación de lineamientos definidos para la conformación e implementación del instrumento de medición

Para la conformación e implementación del instrumento se hizo necesario definir una serie de lineamientos para facilitar la medición y presentación de los resultados, a partir de la comparación de los trabajos realizado en el marco teórico en la sección 2.2.4. Las fases de estos lineamientos propuestos se describen a continuación:

3.3.1.1. Fase I, La planificación.

En esta fase se revisó la documentación del proyecto y determinar el estadio de la vida del proyecto, se establecen las premisas. Esto por medio de reuniones de trabajo con los miembros del grupo del proyecto.

- **Premisas de base.**
 - La formulación de los Proyecto se realiza conforme a la filosofía de “Diseño Seguro”(ver sección 2.2.1), considerando aspectos legales y lineamientos de Ambiente e Higiene Ocupacional y el análisis de Amenazas/Consecuencias se realiza tomando en cuenta los elementos principales del Análisis Preliminar de Peligros, Que pasa si? y HAZOP.
 - Las Instalaciones dispondrá de un Plan Rector de Emergencia, y cada sector un Plan Sectorial de Emergencias.
 - Durante cada estadio del proyecto, va existir las fases de construcción y operación del mismo, por consiguiente se contará con los recursos para la atención de eventos y emergencias.

3.3.1.2. Fase II, Identificación de Riesgos.

En esta fase se tomó toda la documentación del proyecto, ya teniendo definido el estadio de vida del proyecto y con las premisas de línea base, se realizó una serie de asunciones para cada fase de construcción y operación diagramando cada riesgo potencial de tal manera de tener un registro de los mismos. Debemos tener presente que los riesgos señalados se identificaron como función de la amenaza y la consecuencia de la misma, a partir de:

$$\text{Riesgo} = f(\text{Amenazas}, \text{Vulnerabilidad})$$

Y como es posibles incluir las consecuencias dentro de la funcionalidad, en vez de la vulnerabilidad, ya que se puede definir el riesgo como “la probabilidad de exceder un valor específico de daño”, asumiendo las consecuencias como un valor específico de daño (Gálvez, 2008). Tratamiento realizado para este trabajo, la funcionalidad pasa a ser:

$$\text{Riesgo} = f(\text{Amenazas}, \text{Consecuencia})$$

Y después de identificado las amenazas y las posibles consecuencia, se levanto un registro como se representa, en la siguiente tabla

Tabla 3.1: Registro de Identificación de Amenazas y consecuencias

FASE DE PROYECTO		
Tipo de Amenaza	Subtipo de Amenaza	Posibles consecuencias asumiendo premisas

Elaboración Propia

El riesgo se definió como función de las amenazas, y en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológico (Gaceta Oficial N° 39.095 del 9 de enero de 2009), se tipifican los riesgos Socionaturales y Tecnológicos, por consiguiente se estableció que las amenazas se tipificarían de igual manera.

3.3.1.3. Fase III, Análisis Cualitativo de Riesgos.

En esta fase comúnmente se realiza un análisis de riesgo cualitativo que se adecue a la etapa de vida del proyecto (ver figura 2.5 y 2.6), pero como explicamos en el capítulo anterior, este análisis se puede resumir en uno solo que engloba los cinco importantes para la industria (Lista de Verificación, Análisis Preliminar de Riesgos, ¿Qué pasa sí? Y HAZOP y el Análisis Amenazas vs Consecuencia). El análisis cualitativo de riesgos requiere información precisa y no tendenciosa para que sea útil a la administración del proyecto. La clasificación de la precisión de la información es una técnica para evaluar el grado con el cual los datos sobre los riesgos son útiles para la gestión de los mismos (Stoch de García. 2000)

Ello implica examinar:

- El grado del conocimiento sobre el riesgo.
- La información disponible sobre el riesgo.
- La calidad de la información.
- Confiabilidad e integridad de la información.

Al tener determinados los riesgos inherentes a cada una de las fases, el método cualitativo más sugeridos por todos los proyectistas, es la Matriz de Probabilidad e Impacto o Matriz de riesgos, al construir una matriz se le puede asignar calificaciones de riesgo (muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto) a riesgos o condiciones basados en la combinación de escala de probabilidad e impacto. Los riesgos con alta probabilidad y alto impacto probablemente requieran un análisis adicional, incluyendo la cuantificación, y una gestión de riesgos agresiva. Tomando la información referente a cada técnica descritas en el capítulo anterior y la tabla 2.5 se modifica la matriz, se le asignan valores a las amenazas y a los impactos o consecuencias, que para el caso de estudio se desarrollo de la siguiente manera. (Bearing Point, 2002)

- **Escala de cualificación de las amenazas**

Las amenazas identificadas en la fase anterior se valoraron, teniendo en cuenta: probabilidad, intensidad, frecuencia y duración. En el caso bajo estudio se usó la probabilidad basada en los antecedentes históricos de ocurrencia en actividades o instalaciones similares y la frecuencia con que se presentan las condiciones generadoras del riesgo. Se utiliza la siguiente escala de calificación de las amenazas:

1 = IMPROBABLE o REMOTO: Puede suceder, ya que no existen razones históricas y científicas para descartar su ocurrencia. Se le asigna el color VERDE

2 = PROBABLE: Sucede, existen razones históricas y argumentos técnicos y científicos para creer que sucederá, ocurrencia lejana en el tiempo, antecedentes propios o en lugares y actividades en condiciones similares. Se le asigna el color AMARILLO

3 = FRECUENTE: Su presencia es regular o se dan permanentemente las condiciones propicias para su ocurrencia, pueden existir antecedentes propios o de lugares y actividades en condiciones similares. Se le asigna el color ROJO.
(www.sigweb.cl/biblioteca/MatrizdeRiesgo.pdf)

- **Escala de cualificación de la Consecuencia**

La consecuencia se califica sobre el equipamiento (recursos materiales, bienes intangibles), para este caso se usó una escala que tiene en cuenta la importancia de los factores expuestos para el cumplimiento de los intereses estratégicos empresariales, magnitud de los factores expuestos (cantidad de unidades expuestas con respecto al total existente), facilidad de reposición en tiempo razonable a costos accesibles y el grado de preparación para responder acertadamente frente a la emergencia, con base en los siguientes parámetros:

1 = INSIGNIFICANTE: Afecta factores marginales de los intereses estratégicos de la Empresa, o si afectan factores críticos no son de manera grave o extendida, la recuperación es relativamente pronta y la interrupción de actividades normales es muy corta o nula. Se asigna color VERDE.

2 = CRITICA: Afecta marginalmente los intereses no estratégicos de la Empresa pero de manera extendida y grave con difícil recuperación, afecta uno o varios factores estratégicos así sea de manera leve. La recuperación es de corto o mediano plazo pero implica esfuerzo importante para la Empresa, se interrumpen actividades importantes por un tiempo que puede ser significativo pero tolerable y afecta el clima de trabajo, personal y/o el público, el evento trasciende a los medios de comunicación y autoridades locales, hay un daño parcial en la imagen de la Empresa. Se asigna color AMARILLO.

3 = CATASTROFICA: Afecta gravemente por lo menos uno o más de los factores estratégicos de la Empresa, interrumpe las actividades por un tiempo más allá del conveniente, involucra a todas las áreas de la Empresa, la recuperación es difícil, se pone en riesgo definitivamente su existencia. El evento ocupa lugares de importancia en los medios de comunicación masivos, hay un grave deterioro en la imagen de la Empresa, su color es ROJO.

Estos datos se ubican en la siguiente matriz que determina el nivel de riesgo:

Tabla 3.2: matriz de valoración de riesgos

		<u>NIVEL DE RIESGO</u>		
PROBABILIDAD DE AMENAZA	3=FRECUENTE	MODERADO	ALTO	ALTO
	2=PROBABLE	BAJO	MODERADO	ALTO
	1=IMPROBABLE	BAJO	BAJO	MODERADO
CONSECUENCIA. =>		1=INSIGNIFICANTE	2=CRITICO	3=CATASTROFICO

Fuente: SIGWEB (2009)

A partir de la matriz siguiente se obtienen valores para los riesgos multiplicando cada cuadrante de la matriz de una columna por cada cuadrante de la fila, generándose valores de 1,2, 3, 4, 6, y 9.

Según la ubicación obtenida para cada escenario de riesgo puede afirmarse lo siguiente:

- **RIESGO BAJO.** (No necesita Plan de Emergencia). Valor que va de 1 a 2, y expresa que más del 75% de los elementos relacionados con el riesgo están controlados, no representa una amenaza importante para el proyecto, ni sus intereses estratégicos. No necesita una inversión más allá de la mínima en recursos, ni una acción específica de gestión.
- **RIESGO MODERADO (medio).** (Plan general de emergencias). Valor que va de 3 a 4, y expresa que del 50% al 74% de los elementos relacionados con el riesgo están controlados, la prioridad es de segundo nivel, debe diseñarse una respuesta para dichos casos que puede estar incluida implícitamente en un plan general, además de un siguiente análisis Cuantitativo de Riesgos, de tal manera de cuantificar costos precisos de inversión en la mitigación.
- **RIESGO ALTO** (Plan detallado de contingencia). Valor que va de 6 a 9 y que señala que por lo menos el 50 % de los elementos relacionados con el riesgo están fuera de control, hay un equilibrio inestable, se requieren precisar acciones detalladas incluyendo posiblemente procedimientos operativos normalizados. También estos escenarios serán los prioritarios en cuanto a las inversiones de recursos para prevención y atención de emergencias, también requiere de un siguiente análisis Cuantitativo de Riesgos, de tal manera de cuantificar costos precisos de inversión en la mitigación.

En la siguiente tabla 3.3, se representa como queda registrado las amenazas, consecuencia y el valor del riesgo.

Tabla 3.3. Tabla de valoración del riesgo y actividades de respuesta

FASE DEL PROYECTO					
Tipo de Amenaza	Subtipo de Amenaza	Evaluación			Actividades tomadas para el control de Consecuencias
		P	C	R	

Elaboración Propia

En esta etapa se realizan también análisis de sensibilidad de cada riesgo, variando las premisas, las actividades de respuesta y los planes de control, y valorándolos de nuevo, esto permite tomar decisiones a medida que vayan cambiando la vida del proyecto.

3.3.1.3. Fase IV, Análisis Semicuantitativos y Cuantitativos de Riesgos.

Este análisis se realiza cuando la valoración cualitativa de superior a lo esperado, mayor del 50 %, pero como se mencionó en el capítulo anterior en la justificación, el trabajo va dirigido a los análisis cualitativos ya que los lineamientos deben manejarse de manera expedita y a eso va dirigido, por consiguiente esta fase se obvia

3.3.1.4. Fase V, Respuesta a los Riesgos.

En esta fase se realizara una revisión documental de todos los planes de respuestas a los riesgos que posea el proyecto, se cotejaran con las estrategias establecidas en el marco teórico en la sección 2.2.3.1.5.

En base a las premisas tomadas, el proyecto en su concepción ya debería tener ciertos recursos para las respuestas, y si no posee un plan estratégico de contingencias, se le recomendará conformarlo.

3.3.1.5. Fase VI, Seguimiento y Control de Riesgos.

Es fundamental que en esta fase de los lineamientos se provea de toda la información necesaria para la toma de decisiones efectiva antes de que la amenaza aparezca. En este sentido, también, se hace necesario que todos los involucrados estén informados permanentemente del proceso por medio del seguimiento.

Esta fase se toma la información levantada durante todos los estadios de vida del proyecto, en su construcción, operación y mantenimiento, el registro de amenazas y consecuencias, sus valoraciones como riesgos, nuevos riesgos que surgen. Como se explicó en sección 2.2.3.1.6, que es importante el seguimiento y control para la reevaluación consecutiva de todas las fases de los lineamientos. Al recabar toda la información y notar que no existe plan de seguimiento se recomendará uno según lo establecido en el marco teórico

3.4 Etapa IV: Final.

3.4.1. Validación final de los lineamientos definidos para la conformación e implementación del instrumento de medición de la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria, caso: proyecto COMINSI “zona 2”

Luego de haber conformado la estructura definitiva del instrumento incluyendo la descripción de cada una de las fases, parámetros, indicadores, criterios de medición, matrices para los niveles de valoración de los riesgos, lineamientos preliminares, ponderaciones y mecanismos utilizados para la aplicación, se consideró realizar una reunión estratégica en donde fue presentado el instrumento formulado con todos sus componentes, buscando de esta manera que el grupo de expertos vinculados al proyecto, discutieran, y de allí fueron aportadas sugerencias técnicas que posteriormente se incorporaron en el estudio quedando entonces aprobado y validado técnicamente el instrumento de medición.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de la etapa I (preliminar), II (exploratoria) y III (formulación), Matriz comparativa resultante de cotejar las etapas de vida de un proyecto vs tecnicas de Analisis de Riesgos y Lineamientos Preliminares para la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria.

	ANALISIS DE SEGURIDAD	ANALISIS HISTORICO DE ACCIDENTE	LISTA DE VERIFICACION	ANALISIS PRELIMINAR DE PELIGROS	QUE PASA SI?	HAZOP	FMEA	ARBOL DE FALLAS	ARBOL DE SUCESOS	ANALISIS DE CONSECUENCIAS
IDEA										
PERFIL										
PRE-FACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD										
DISEÑO BASICO Y DETALLE										
CONSTRUCCION										
OPERACIONES (PRODUCCION)										
MODIFICACIONES										
ESTUDIOS DE INCIDENTES Y ACCIDENTES										
CIERRE DE PLANTA										
DESMANTELAMIENTO										

LEYENDA : Poco utilizado	
Mayormente utilizado	

Figura 4.1. Matriz comparativa resultante de cotejar las etapas de vida de un proyecto vs tecnicas de Analisis de Riesgos.

Elaboración Propia

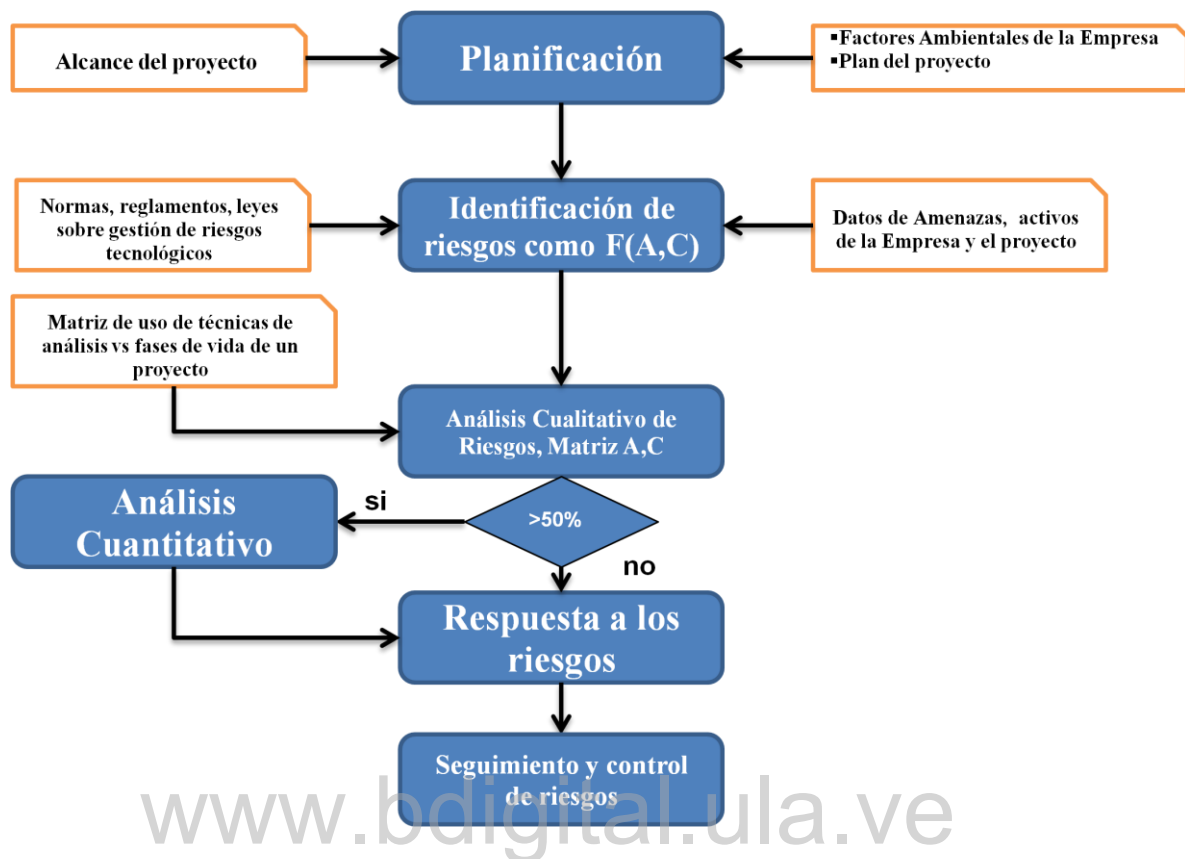


Figura 4.2. Lineamientos Preliminares formulados a partir de la fase preliminar, exploratoria y formulación

Elaboración propia

4.2 Resultados de la Etapa IV.

Ejecución final de la implementación de los lineamientos de la cualificación de la seguridad y riesgos tecnológicos en proyectos para la industria, caso: proyecto COMINSI “zona 2”.

A partir de los lineamientos preliminares establecidos en la fase metodológica de este trabajos y que representan en la figura 4.2, se realizó la implementación de estos a área de estudio, permitiendo obtener los siguientes resultados en cada fase

4.2.1. Planificación de la ejecución del instrumento.

En esta fase primaria de los lineamientos se hizo la revisión del área y documental de lo levantado por la gerencia de PDVSA, para el COMINSI, determinándose que el proyecto se

encuentra a nivel de detalle. Se observó que hay movimiento de tierra para la construcción, que existe un plan general de emergencia para el área de la refinería pero no para la demás áreas, además se tomaron como premisas en conformidad con la filosofía del diseño seguro, que todo complejo, planta o edificación industria, debe poseer recursos para el control de eventos y emergencias, en el caso de estudio, las edificaciones administrativa del COMINSI

Se estableció que en la fase de construcción la responsabilidad de la contratista regida bajo la norma PDVSA SI-S-04 (2005) y de la norma COVENIN 1566-04, referidas en el capítulo II. Tipificado en estas normas que la Contratista es la única responsable de la seguridad de sus trabajadores y de los trabajadores subcontratados. De igual manera la contratista dispondrá del personal de supervisión suficientemente capacitado y adiestrado para la ejecución del trabajo, especialmente de los aspectos asociados a la Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA). Además la Contratista tiene la obligación de impartir a su personal el adiestramiento que la PDVSA le recomiende y/o exija.

Otra condición que se aplica a la contratista a cumplir con las obligaciones establecidas en la LOPCYMAT y su REGLAMENTO, en especial las contenidas en el TITULO III, DE LA PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES Y TRABAJADORAS Y DE LOS EMPLEADORES Y EMPLEADORAS, y incentivara por consiguiente todo lo necesario para la elección de delegados o delegadas de prevención, quienes una vez electos, deberán cumplir con todas las atribuciones tipificadas en el mencionado titulo. Así como también de facilitarle los medios necesarios para el desarrollo de sus trabajos.

La compañía contratante en este caso PDVSA, aportará sus Delegados de Prevención para activar conjuntamente con los de la contratista para activar las medidas de prevención en el lugar que sea afectado por el riesgo grave o inminente, cuando los riesgos sobrepasen o contravengan lo establecido en el Plan SHA, y que la seguridad de los trabajadores.

En la norma COVENIN 1566-04, la contratista debe poseer un equipamiento mínimo o recursos para el desarrollo de las actividades seguras para los trabajadores, como para el Plan de Control de Emergencia, a continuación se sugieren los más relevantes.

Para el momento de la operación de las edificaciones, el manejo de los eventos y emergencias recae en el SIR-PDVSA y en los Equipos de Prevención y Control de Perdida, apostados en la Refinería y de las brigadas que se encuentran en las áreas de las Edificaciones.

Se determino en esta fase que el análisis cualitativo requerido para ese nivel de detalles fue el que combina los cuatro principales descritos y de mas fácil ejecución, que fue la matriz de riesgo en función de la probabilidad de amenazas vs consecuencia.

4.2.2. Identificación de riesgos en la Zona 2 del COMINSI, como función de Amenazas y Consecuencias.

El levantamiento con los expertos y mi persona, con la documentación y las visitas de campo al sitio, se establecieron las siguientes amenazas en las fases de construcción y operación de las edificaciones

4.2.2.1. Fase de Construcción.

4.2.2.1.1. Amenazas Socionaturales.

Escenarios posibles: Todas las áreas

Factores que afectan el riesgo:

- **Sismo.**

El campamento provisional de la contratista para la construcción de las Edificaciones Administrativas se ubicó en una Zona de nivel 3, lo cual implica que el riesgo sísmico es intermedio (CIDIAT, 2010).

Bajo la finalidad de proteger vidas, aminorar los daños esperados en las estructuras provisionales y andamiaje, en la Ingeniería Básica y de Detalle se tomó en consideración las disposiciones de la Norma Sismoresistente establecidas para esta zonificación asociando el perfil de suelo presente para cada caso. Los suelos considerados para el análisis sísmico fueron clasificados como suelos S3 (Suelos firmes medio densos) y S2 (suelos blandos o sueltos intercalados con suelos más rígidos).

- **Inundaciones.**

Según indica el estudio sobre los excesos de aguas superficiales en los llanos occidentales de Venezuela (MARN, 1979 citado por CIDIAT, 2010), el principal riesgo natural de la zona lo comprenden los eventos puntuales aunque ocasionales de inundación. En el área de influencia del Proyecto esto es debido a que los ríos Pagüey y Santo Domingo reciben muy pocos afluentes propiamente llaneros, la mayoría vienen del piedemonte o de la parte inferior de la parte pre- andina y reciben a su vez pocos tributarios en el llano. El agua de las precipitaciones en el llano evoluciona casi en ciclo cerrado: el escurrimiento difuso intenso en los bancos concentra gran parte del agua en los bajíos, donde el drenaje interno y externo es deficiente y donde el agua permanece estancada hasta evaporarse (Zinck, 1966 citado por el CIDIAT, 2010). Sin embargo como se mencionó anteriormente este riesgo fue evaluado al momento de definir el sitio de localización de la Refinería, por consiguiente se evaluó también el de estas nuevas estructuras.

- **Colapso de las Estructuras.**

una parte donde va fundarse las Edificaciones Administrativa, y por ende el campamento provisional y todo lo que son andamiajes, grúas plumas, talleres metalmecánico, entre otros equipos de construcción; está compuesto de depósitos fluviales no compactos inundables correspondiente a sedimentos no consolidados localizados en la llanura de inundación asociados a los caños, ríos y/o quebradas del área, por lo general los materiales existentes están conformados por arenas gruesas y gravas depositadas originalmente como barra de meandros por los canales que se desviaron lateralmente través del suelo de la planicie. Otros sedimentos asociados son las arenas finas, limos y arcillas que resultarían de la diseminación hacia la periferia de la llanura cuando al agua desbordo su cauce actual durante la etapa de de inundación. Esta área es de especial interés porque es donde se ubican bajos valores promedios de resistencia del suelo y altas probabilidades a sufrir asentamientos, colapso e inundaciones continuas (CIDIAT, 2010).

4.2.2.1.2. Amenazas Tecnológicas.

- **Incendios.**

Escenarios posibles: Todas las áreas

Factores que afectan el riesgo:

El riesgo de incendio se presenta en la construcción de las edificaciones con un potencial intrínseco de pérdidas humanas y económicas importante. Debido a la presencia de diferentes puntos de ignición por los trabajos en caliente, como por los depósitos de combustible clase A, B, C; Dentro de las fuentes de ignición se pueden nombrar:

- Fallas eléctricas.
- Roces y fricciones.
- Chispas mecánicas o de combustión.
- Cigarrillos y fósforos.
- Ignición espontánea.
- Superficies calientes.
- Sustancias químicas.
- Llamas abiertas.
- Soldadura y corte.
- Materiales recalentados.
- Electricidad estática.
- Hornos.
- Desechos.

Los lugares donde el total de materiales combustibles de clase A, inflamables clase B y combustibles clase C están presentes pero en forma de almacenamiento, en las áreas provisionales de construcción en cantidades por encima de aquellos inventarios esperados (COVENIN 1040-89 y 1376-99).

- **Explosión.**

Escenarios posibles: Comedores, talleres metalmecánicos y áreas de almacenamiento.

Factores que afectan el riesgo:

Los contenedores de GLP (Butano y Propano) para las áreas del comedor del campamento, catalogados como combustibles Clase B, de suscitarse un escenario de incendio en instalaciones adyacentes a estos sistemas de gas, se podrían presentar explosiones. Como también en los contenedores de Oxígeno, Acetileno y Propano almacenados o en funcionamiento, para los trabajos metalmecánicos de corte y soldaduras. (COVENIN 904)

- **Derrames.**

Escenarios posibles: Comedores, talleres metalmecánicos, áreas de almacenamiento, tanques elevados de combustible.

Factores que afectan el riesgo:

Los contenedores de combustible elevados, en este caso diesel, pueden caerse por efecto de un colapso estructural de los soporte ya sea por acción de un sismo o por hundimiento de unas de las bases por el tipo de suelo, haciendo que el contenedor se desplome cayendo fuera de la fosa de contención el contenido. Otro punto es la corrosión que ocurra en los recipientes de 200 l para almacenar combustible y que por esas debilidades ocurran fugas no perceptibles hasta que haya un derrame.

4.2.2.1.3. Error Humano.

- **Operacionales:**

Escenarios posibles: Todas las instalaciones

Factores que afectan el riesgo:

- **Mecánicos.**

En el proceso de ejecución de movimiento de carga suspendida, pueden ocurrir:

- Falla in situ de los elementos auxiliares.
- Vuelco de la carga, durante el transporte.

Esto debido a la labor del personal no calificado, instalación incorrecta de la maquinaria, inestabilidad en el terreno donde se anclará la maquinaria para la ejecución de las

maniobras y/o coordinación ineficiente entre los supervisores de las maniobras (Burgo, 2002)

- **Físicos.**

Referido al incremento de los niveles de ruido (de impacto o aéreo). El ruido producido en las actividades de construcción y obras en general, realizadas al aire libre, no sólo afecta a los trabajadores expuestos sino a la población próxima, al suponer un incremento del ruido ambiental por ser generado habitualmente en espacios abiertos.

Además de otros, como: Exposición a Humos, gases, vapores, nieblas, rocíos, aerosoles y otras atmosferas contaminadas, exposición a Sustancias líquidas tóxicas, polvos y fibras, cortes y soldaduras, exposición a radiaciones ionizantes, calor, caídas de diferente nivel, caídas de objetos o choques contra objetos fijos y pinchazos, abrasiones y cortaduras.

- **Eléctrico.**

Los factores principales que pueden desencadenar un accidente eléctrico son los siguientes:

- La existencia de un circuito eléctrico compuesto por elementos conductores.
- Que el circuito esté cerrado o pueda cerrarse.
- La existencia en dicho circuito de una diferencia de potencial mayor que 30v aproximadamente. Que el cuerpo humano sea conductor porque no esté suficientemente aislado. El cuerpo humano, no aislado, es conductor debido a sus fluidos internos, es decir, a la sangre, la linfa, etc.
- Que dicho circuito esté formado en parte por el propio cuerpo humano.
- La existencia entre dos puntos de entrada y salida de la corriente en el cuerpo de una diferencia de potencial mayor a 30v.
- La falta de conexión a tierra en la instalación/circuito.
- Baja resistencia eléctrica del cuerpo humano. El sudor, así como los objetos de metal en el cuerpo o la zona de contacto con el conductor son factores vitales en la resistencia ofrecido por el cuerpo en ese momento.

Dentro de este tipo de riesgo se incluyen los siguientes:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

4.2.2.2. Fase de Operación.

4.2.2.2.1. Amenaza Naturales:

Escenarios posibles: Todas las áreas

Factores que afectan el riesgo:

- **Sismo.**

Las Edificaciones Administrativas se puede decir que se establecieron en una Zona de nivel 3, lo cual implica que el riesgo sísmico es intermedio (CIDIAT, 2010).

Bajo la finalidad de proteger vidas, aminorar los daños esperados en las edificaciones y mantenerlas operativas, en la Ingeniería Básica y de Detalle se deberán tomar en consideración las disposiciones de la Norma Sismoresistente establecidas para esta zonificación asociando el perfil de suelo presente para cada caso. Los suelos considerados para el análisis sísmico fueron clasificados como suelos S3 (Suelos firmes medio densos) y S2 (suelos blandos o sueltos intercalados con suelos más rígidos) (CIDIAT, 2010).

- **Inundaciones.**

Según indica el estudio sobre los excesos de aguas superficiales en los llanos occidentales de Venezuela (MARN, 1979 citado por CIDIAT, 2010), el principal riesgo natural de la zona lo comprenden los eventos puntuales aunque ocasionales de inundación. En el área de influencia del Proyecto esto es debido a que los ríos Pagüey y Santo Domingo reciben muy pocos afluentes propiamente llaneros, la mayoría vienen del piedemonte o de la parte inferior de la parte pre- andina y reciben a su vez pocos tributarios en el llano. El agua de las precipitaciones

en el llano evoluciona casi en ciclo cerrado: el escurrimiento difuso intenso en los bancos concentra gran parte del agua en los bajíos, donde el drenaje interno y externo es deficiente y donde el agua permanece estancada hasta evaporarse (Zinck, 1966 citado por el CIDIAT, 2010). Sin embargo como se mencionó anteriormente este riesgo fue evaluado al momento de definir el sitio de localización de la Refinería, por consiguiente se evaluó también el de estas nuevas estructuras.

- **Colapso de las Estructuras.**

Una parte donde fundamenta las Edificaciones Administrativa es de depósitos fluviales no compactos inundables correspondiente a sedimentos no consolidados localizados en la llanura de inundación asociados a los caños, ríos y/o quebradas del área, por lo general los materiales existentes están conformados por arenas gruesas y gravas depositadas originalmente como barra de meandros por los canales que se desviaron lateralmente través del suelo de la planicie. Otros sedimentos asociados son las arenas finas, limos y arcillas que resultarían de la diseminación hacia la periferia de la llanura cuando al agua desbordo su cauce actual durante la etapa de de inundación. Esta área es de especial interés porque es donde se ubican bajos valores promedios de resistencia del suelo y altas probabilidades a sufrir asentamientos, colapso e inundaciones continuas (CIDIAT, 2010).

4.2.2.2.2. Amenazas Tecnológica.

- **Incendios.**

Escenarios posibles: Todas las áreas

Factores que afectan el riesgo:

Según la clasificación de los riesgos de la norma 10 de National Fire Protection Association (NFPA) y la gran cantidad de materiales combustibles clase A, la disposición de las áreas que hace que se dé una rápida propagación del fuego y la gran cantidad de combustibles tipo C (cableado, equipos y computadoras), como son las oficinas de las instalaciones de las Edificaciones (COVENIN 1040-89 y 1376-99).

Los lugares donde el total de materiales combustibles de clase A, inflamables clase B y combustibles clase C están presentes pero en forma de almacenamiento, en las de las

Edificaciones en cantidades sobre y por encima de aquellos inventarios esperados (COVENIN 1040-89).

Cabe destacar que la cantidad de equipos electrónicos presentes en estas instalaciones, son combustibles clase C mientras estos están energizados, cuando no lo están se convierten en combustibles clase A (COVENIN 1040-89).

Algunos de las áreas destinada para como zonas de comidas o comedores de las Edificaciones Administrativas como de los edificios administrativos de los Talleres de Mantenimiento de los Taladros utilizan gas GLP (Butano y Propano) para la preparación de alimentos, catalogados como combustibles Clase B, de presentarse un incendio en instalaciones cercanas a estos sistemas de gas, se podrían presentar explosiones que facilitarían la propagación del fuego y harían que la emergencia se trasladara a otros escenarios. (COVENIN 904)

- **Explosión.**

Escenarios posibles: Comedores, laboratorios y áreas de almacenamiento.

Factores que afectan el riesgo:

Como se mencionó en el párrafo anterior los contenedores de GLP (Butano y Propano) para las áreas de los comedores, catalogados como combustibles Clase B, de suscitarse un escenario de incendio en instalaciones adyacentes a estos sistemas de gas, se podrían presentar explosiones. (COVENIN 904)

4.2.2.1.3. Error Humano.

- **Operacionales:**

Escenarios posibles: Todas las instalaciones

Factores que afectan el riesgo:

- **Mecánicos.**

En el proceso de ejecución de movimiento de carga, pueden ocurrir:

- Falla in situ de los elementos auxiliares.

- Vuelco de la carga, durante el transporte.

Esto debido a la labor del personal no calificado, equipo de transporte defectuoso, señalizaciones precarias

- **Físicos.**

Exposición a Humos, gases, vapores, nieblas, rocíos, aerosoles y otras atmosferas contaminadas, exposición a Sustancias liquidas toxicas, polvos y fibras, cortes y soldaduras, exposición a radiaciones ionizantes, calor, caídas de diferente nivel, caídas de objetos o choques contra objetos fijos y pinchazos, abrasiones y cortaduras.

- **Eléctrico.**

Los factores principales que pueden desencadenar un accidente eléctrico son los siguientes:

- La existencia de un circuito eléctrico compuesto por elementos conductores.
- Que el circuito esté cerrado o pueda cerrarse.
- La existencia en dicho circuito de una diferencia de potencial mayor que 30v aproximadamente. Que el cuerpo humano sea conductor porque no esté suficientemente aislado. El cuerpo humano, no aislado, es conductor debido a sus fluidos internos, es decir, a la sangre, la linfa, etc.
- Que dicho circuito esté formado en parte por el propio cuerpo humano.
- La existencia entre dos puntos de entrada y salida de la corriente en el cuerpo de una diferencia de potencial mayor a 30v.
- La falta de conexión a tierra en la instalación/circuito.
- Baja resistencia eléctrica del cuerpo humano. El sudor, así como los objetos de metal en el cuerpo o la zona de contacto con el conductor son factores vitales en la resistencia ofrecido por el cuerpo en ese momento.

Dentro de este tipo de riesgo se incluyen los siguientes:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

4.2.2.2.4. Por causas de Terceros.

Terrorismo o Actos Criminales:

Escenarios posibles: Todas las instalaciones

Factores que afectan el riesgo:

Todas las instalaciones de las Edificaciones Administrativas, por ser parte importante de un complejo industrial modelo en Venezuela y en especial por ser las instalaciones gerenciales del complejo, además de estar ubicada en una zona muy accesible en el país, pueden ser consideradas blancos estratégicos para una acción delictiva y hasta terrorista de grupos armados, ya que representa la posibilidad de un gran impacto noticioso y de demostración de poder destructivo por lo cual es un lugar muy atractivo para cualquiera de este tipo de actos.

Se reduce el riesgo siempre y cuando los dispositivos de control y vigilancia permanentes de la Guardia Nacional Bolivariana se aplican perfectamente dentro de las instalaciones y en su perímetro.

Estas amenazas y posibles consecuencias se pueden visualizar mejor en las tablas 4.1 y 4.2 correspondientes a las fases de construcción y operación respectivamente.

4.2.3. Resultado de la valoración cualitativa de los riesgos por la matriz amenaza vs consecuencias.

En las tablas 4.3 y 4.4 se registró la valoración dada a los riesgos a partir de la ponderación de las amenazas y sus consecuencias tomando las premisas mencionadas en la fase de planificación de los lineamientos preliminares.

- **Resultados del análisis de los riesgos en la fase de construcción con premisas.**

El análisis de la valoración matricial de la tabla 4.3 realizada nos mostró que las amenazas presentes en los escenarios de riesgo de los edificaciones administrativas del complejo, tienen niveles de riesgo bajos y moderados, es decir que al menos el 20% $((2+2+2+2+3+2+0)/63*100)$ de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con poca facilidad. Estas condiciones de riesgo no se verán agravadas cuando la preparación para hacer frente a las emergencias no es buena y el evento no deseado puede pasar de ser un incidente, a ser una emergencia leve, por consiguiente si la contratista como premisa sigue todas las actividades para controlar las consecuencias disminuyendo las vulnerabilidades, solo con el seguimiento de la LOPCYMAT se mantendría el nivel de riesgo en bajo.

- **Resultados del análisis en la fase de operación con premisas.**

El análisis de la matriz nos mostró en la tabla 4.4 que las amenazas presentes en los escenarios de riesgo de los edificaciones administrativas del complejo durante la fase de operación, tienen niveles de riesgo bajos y moderados, es decir que al menos el 25% $((2+2+2+2+3+2+3)/63*100)$ de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con poca facilidad. Estas condiciones de riesgo no se verán agravadas cuando la preparación para hacer frente a las emergencias no es buena y el evento no deseado puede pasar de ser un incidente a una emergencia leve, por consiguiente si como premisa sigue todas las actividades para controlar las consecuencias disminuyendo las vulnerabilidades durante las operaciones.

Tabla 4.1: Cuadro de identificación de riesgos preliminares en la fase de construcción

FASE DE CONSTRUCCIÓN		
Tipo de Amenaza	Subtipo de Amenaza	Posibles consecuencias asumiendo premisas
SOCIONATURAL	Sismo	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de elementos que al momento de sismo no estén fijados en su mayoría materiales y herramientas ligeras • Asentamiento acelerado del terreno • Rupturas de sistemas de conducción de agua, luz y gas • Caída de sistemas de almacenamientos elevados • Lesionados leves a moderados
	Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Perdidas menores por anegación • Pérdida de energía eléctrica • Cortos circuitos.
	Asentamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Deformaciones estructurales leves, siempre y cuando el diseño de las fundaciones contemple el problema de asentamiento progresivo.
TECNOLOGICA	Incendio	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de materiales de oficina y fungibles. • Quemaduras leves a moderadas en trabajadores • Aumento de la amenaza de explosión • Leves intoxicaciones por humo
	Explosión	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de materiales volátiles almacenados • Pérdidas materiales • Pérdida de vidas • Conmoción general.
	Derrames	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de materiales volátiles almacenados • Pérdidas materiales • Pérdida de vidas. • Aumento de la amenazas de incendios
	Error Humano	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la amenazas de incendio • Aumento de la amenazas de Explosiones • Aumento de lesionados • Costos por indemnización

Elaboración propia

Tabla 4.2: Cuadro de identificación de riesgos preliminares en la Fase de Operación

FASE DE OPERACIÓN		
Tipo de Amenaza	Subtipo de Amenaza	Posibles consecuencias asumiendo premisas
SOCIONATURAL	Sismo	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de elementos que al momento de sismo no estén fijados en su mayoría materiales y herramientas ligeras • Asentamiento acelerado del terreno • Rupturas de sistemas de conducción de agua, luz y gas • Caída de sistemas de almacenamientos elevados • Lesionados leves a moderados
	Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas menores por anegación • Pérdida de energía eléctrica • Cortos circuitos.
	Asentamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Deformaciones estructurales leves, siempre y cuando el diseño de las fundaciones contemple el problema de asentamiento progresivo.
TECNOLOGICA	Incendio	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de materiales de oficina y fungibles. • Quemaduras leves a moderadas en trabajadores • Aumento de la amenaza de explosión • Leves intoxicaciones por humo
	Explosión	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de materiales volátiles almacenados • Pérdidas materiales • Pérdida de vidas • Conmoción general.
	Error Humano	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de lesionados • Costos por indemnización
POR TERCEROS	Terrorismo o Actos Criminales	<ul style="list-style-type: none"> • Conmoción regional y nacional • Pérdidas Materiales • Pérdidas de Vidas

Elaboración propia

Tabla 4.3: Cuadro de valoración de riesgos preliminares en la fase de construcción.

FASE DE CONSTRUCCION					
Tipo de Amenaza	Eventos	Evaluación			Actividades tomadas para el control de Consecuencias
		P	C	R	
SOCIONATURAL	<ul style="list-style-type: none"> • Sismo • Inundaciones • Colapso estructural por asentamiento 	1	2	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> • Fijado de todos aquellos elementos que un momento de sismo puedan caer y generar una lesión. • Señalización de las zonas seguras para refugiarse en caso de sismo. • Capacitación de todo el personal, en que hacer antes, durante y después de un sismo. • Realizar evaluaciones estructurales de las instalaciones para reforzar estructuras que presenten características o posibilidad de fallas por hundimiento o asentamiento • Verificación de escenario en fases posteriores de ingeniería.
TECNOLÓGICA	Incendio	1	2	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> • Se hace inspecciones periódicas a instalaciones eléctricas y equipos energizados y a aquellos equipos que utilizan energía eléctrica pero no son operados de manera continua, para así identificar instalaciones defectuosas que puedan generar accidentes eléctricos. • Se elaboran termogramas o estudios termográficos de los equipos utilizados en los tableros de distribución eléctrica en los generadores, con el fin de determinar deficiencias en materiales o puntos de contacto, que permitan desarrollar programas de mantenimiento predictivo. • Implementación de manera rigurosa y obligatoria de procedimientos de trabajo seguro en las operaciones en los talleres de metalmecánicos para evitar puntos de ignición descontrolados • Entubado o empotrado en canaletas, todas las instalaciones eléctricas provisionales. • Identificación de tomacorrientes o instalaciones eléctricas sobrecargadas para realizarle los ajustes necesarios y evitar sobrecargas.
	Explosión	1	3	MODERADO	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones periódicas a los sistemas eléctricos instalaciones eléctricas, equipos energizados y a aquellos equipos que utilizan energía eléctrica pero no son operados de manera continua, para así identificar instalaciones defectuosas que puedan generar accidentes eléctricos o cortos. • Se elaboran termogramas o estudios termográficos de los equipos utilizados en las subestaciones con el fin de determinar deficiencias en materiales o puntos de contacto, que permitan desarrollar programas de mantenimiento predictivo. • Ubicación de posibles puntos de fugas en los comedores que utilizan GLP u otro tipo de combustible además de las instalaciones de almacenamiento de Oxígeno, Propano y Acetileno implementando de manera rigurosa y obligatoria procedimientos de trabajo seguro en las operaciones en los talleres de metalmecánicos para evitar puntos de ignición descontrolados

Elaboración propia

Tabla 4.3: (continuación) Cuadro de valoración de riesgos preliminares en la fase de construcción.

FASE DE CONSTRUCCION (continuación)					
Tipo de Amenaza	Subtipo de Amenaza	Tipo de riesgo			Actividades tomadas para el control de Consecuencias
		P	C	R	
TECNOLÓGICA	Derrame	1	2	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> Se prohíbe el vertido de cualquier sustancia tóxica o contaminante al suelo, sobre la cubierta vegetal y/o los cuerpos de agua. El transporte de estos insumos deberá efectuarse en camiones cubiertos y de plataforma impermeabilizada, para evitar posibles fugas durante su traslado a las áreas de utilización. Se contemplan pequeñas bermas alrededor de los depósitos de combustibles y lubricantes para contenerlos en caso de derrame. Se construyen sistemas colectores y depósitos de líquidos y combustibles, para evitar efectos colaterales que puedan originarse por contaminación de algún componente ambiental. Se deberá disponer de material oleofílico, para utilizar en caso de derrames menores. En caso de un posible derrame en suelos permeables, se aumentará la capacidad de absorción de las capas superficiales del suelo, regando sobre el mismo material absorbente como heno, paja, aserrín, arcilla para evitar la penetración del hidrocarburo en el subsuelo y aguas subterráneas. En caso de un posible derrame que pudiera afectar cualquier cuerpo de agua cercano, se deben utilizar barreras flotantes, barreras de tierra o diques y las zanjas de tierra. Posteriormente ejecutar acciones de restauración y saneamiento. Se dispondrá de aserrín o material oleofílico, para la limpieza de los pequeños vertidos en la cubierta vegetal, suelos y cuerpos de agua.
	Error Humano	2	2	MODERADO	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de manera rigurosa y obligatoria procedimientos de trabajo seguro durante las operaciones en los talleres metalmecánicos y en todas las áreas e instalaciones donde el personal este laborando y ejecutando la construcción. Las charla de seguridad de 15 min. al iniciar las jornadas Revisión y edición de los ART vigentes, como también los permisos de trabajos. Seguimiento de las normas obligatorias de seguridad laboral COVENIN CT-06

Elaboración Propia

Tabla 4.4: Tabla de valoración de riesgos preliminares en la Fase de Operación

FASE DE OPERACION					
Tipo de Amenaza	Eventos	Evaluación			Actividades tomadas para el control de Consecuencias
		P	C	R	
SOCIONATURAL	<ul style="list-style-type: none"> Sismo Inundaciones Colapso estructural por asentamiento 	2	1	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> Fijado de todos aquellos elementos que un momento de sismo puedan caer y generar una lesión. Señalización de las zonas seguras para refugiarse en caso de sismo. Capacitación de todo el personal, en que hacer antes, durante y después de un sismo. Realizar evaluaciones estructurales de las instalaciones para reforzar estructuras que presenten características o posibilidad de fallas por hundimiento o asentamiento Verificación de escenario en fases posteriores de ingeniería.
	Incendio	1	2	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> Se hace inspecciones periódicas a instalaciones eléctricas y equipos energizados y a aquellos equipos que utilizan energía eléctrica pero no son operados de manera continua, para así identificar instalaciones defectuosas que puedan generar accidentes eléctricos. Se elaboran termogramas o estudios termográficos de los equipos utilizados en los tableros de distribución eléctrica en los generadores, con el fin de determinar deficiencias en materiales o puntos de contacto, que permitan desarrollar programas de mantenimiento predictivo. Implementación de manera rigurosa y obligatoria de procedimientos de trabajo seguro en las operaciones en los talleres de metalmecánicos para evitar puntos de ignición descontrolados Entubado o empotrado en canaletas, todas las instalaciones eléctricas provisionales. Identificación de tomacorrientes o instalaciones eléctricas sobrecargadas para realizarle los ajustes necesarios y evitar sobrecargas.
	Explosión	1	3	MODERADO	<ul style="list-style-type: none"> Inspecciones periódicas a los sistemas eléctricos instalaciones eléctricas, equipos energizados y a aquellos equipos que utilizan energía eléctrica pero no son operados de manera continua, para así identificar instalaciones defectuosas que puedan generar accidentes eléctricos o cortos. Se elaboran termogramas o estudios termográficos de los equipos utilizados en las subestaciones con el fin de determinar deficiencias en materiales o puntos de contacto, que permitan desarrollar programas de mantenimiento predictivo. Ubicación de posibles puntos de fugas en los comedores que utilizan GLP u otro tipo de combustible además de las instalaciones de almacenamiento de Oxígeno, Propano y Acetileno implementando de manera rigurosa y obligatoria procedimientos de trabajo seguro en las operaciones en los talleres de metalmecánicos para evitar puntos de ignición descontrolados
TECNOLÓGICA	Error Humano	1	2	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de manera rigurosa y obligatoria procedimientos de trabajo seguro para cargas y desplazamiento de cargas pesada Las charla de seguridad de 15 min. al iniciar las jornadas Revisión y edición de los ART vigentes, como también los permisos de trabajos. Seguimiento y acatamiento de las normas de laboratorio
	Terrorismo o Actos Criminales	1	3	MODERADO	<ul style="list-style-type: none"> Mantener y fortalecer el sistema de seguridad de las instalaciones. Definir y aplicar procedimientos para identificar paquetes bomba o paquetes sospechosos.
POR TERCEROS					

Elaboración propia

Estos dos resultados se obtuvieron tomando las premisas pautadas en la fase de planificación. Avanzando en el análisis y por medio de las reuniones con los expertos se realizaron evaluaciones de los mismos riesgos sin las premisas, con solo los planes de seguridad laboral o PSHA, y finalmente los efectos de las consecuencias a los contornos de las instalaciones, para ver la sensibilidad del riesgo a estos cambios.

- **Resultados del análisis de los riesgos en la fase de construcción sin premisas.**

Una nueva valoración matricial de la tabla 4.3 se realizó eliminando las premisas bases para los riesgos en las edificaciones administrativas del complejo en su fase de construcción, como se puede observar en el gráfico 4.3. Obteniéndose niveles de riesgo moderados a altos $((3+6+4+6+6+4+4)/63*100)$, es decir que al menos el 52,4 % de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con gran facilidad.

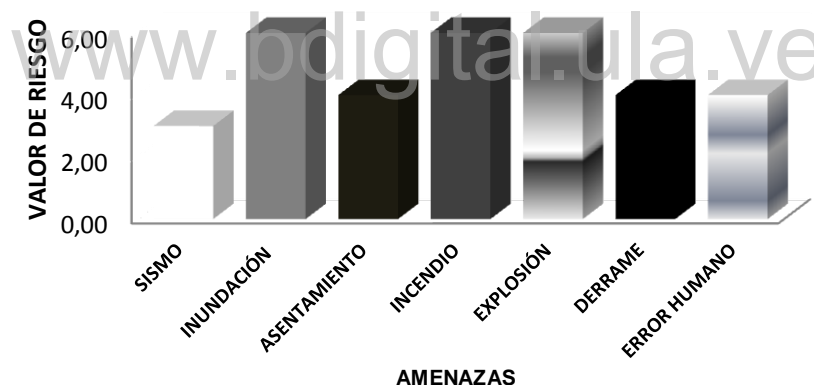


Figura 4.3. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de construcción sin premisas (elaboración propia)

- **Resultados del análisis en la fase de operación sin premisas.**

La nueva valoración de la tabla 4.4 se realizó eliminando las premisas bases para los riesgos en las edificaciones administrativas del complejo en su fase de operación como se puede observar en el gráfico 4.4. Consiguiéndose niveles de riesgo moderados a altos $((3+6+4+6+6+6+3)/63*100)$, es decir que al menos el 54 % de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con gran facilidad.

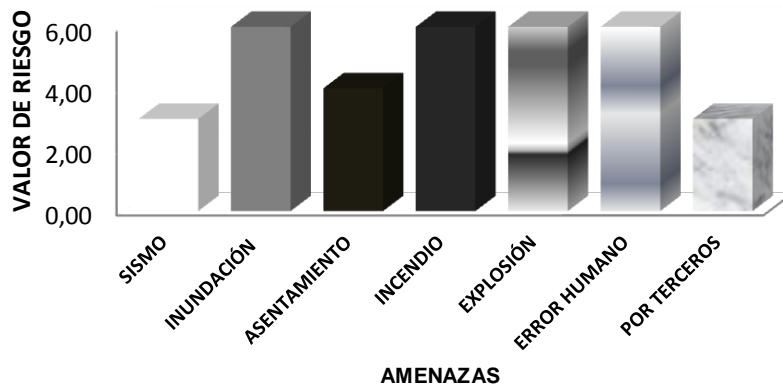


Figura 4.4. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de operación sin premisas (elaboración propia)

- **Resultados del análisis de los riesgos en la fase de construcción sólo con los Planes de Seguridad, Higiene y Ambiente Laboral (PSHA).**

Esta valoración matricial de la tabla 4.3 se realizó eliminando las premisas bases para los riesgos en las edificaciones administrativas del complejo en su fase de construcción, dejando exclusivamente los PSHA, como se puede observar en el gráfico 4.5. Obteniéndose niveles de riesgos bajos a moderados ($((3+2+2+2+3+2+4)/63*100)$), es decir que al menos el 28,6 % de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con gran facilidad.

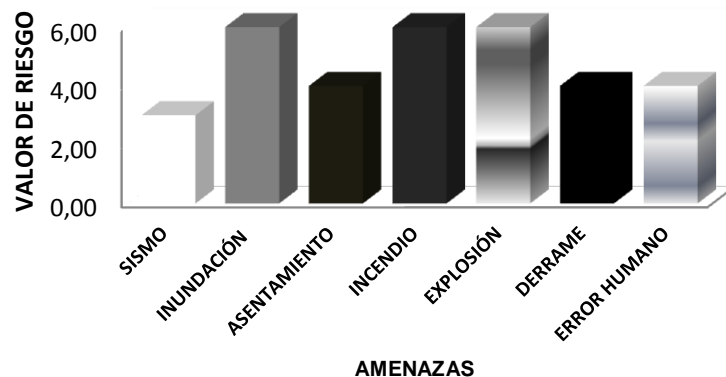


Figura 4.5. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de construcción sólo con PSHA (elaboración propia)

- **Resultados del análisis en la fase de operación sólo con los Planes de Seguridad, Higiene y Ambiente Laboral (PSHA).**

De igual manera se hizo una valoración de la tabla 4.4, eliminando las premisas bases para los riesgos en las edificaciones administrativas del complejo en su fase de operación, dejando exclusivamente los PSHA, como se puede observar en el gráfico 4.6. Determinándose niveles de riesgos bajos a moderados $((3+4+2+2+3+2+6)/63*100)$, es decir que al menos el 34,9% de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con gran facilidad.

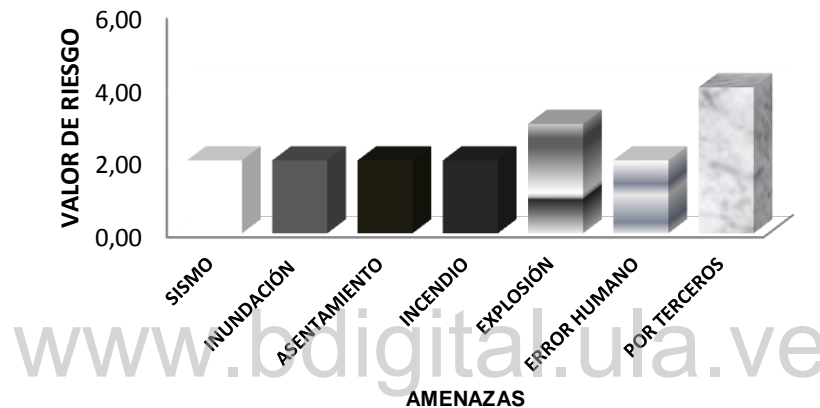


Figura 4.6. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de operación sólo con PSHA (elaboración propia)

- **Resultados del análisis de los riesgos en la fase de construcción con premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).**

Esta vez la valoración matricial de la tabla 4.3 se realizó con las premisas bases para los riesgos en las edificaciones administrativas del complejo en su fase de construcción, valorando como podían las consecuencias afectar las instalaciones vecinas, como se puede observar en el gráfico 4.7. Obteniéndose niveles de riesgos bajos a moderados $((2+2+2+2+3+2+4+1)/72*100)$, es decir que al menos el 25 % de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con gran facilidad.

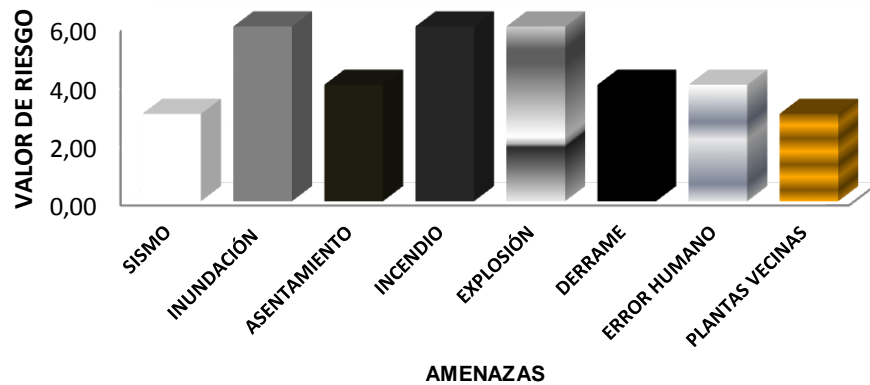


Figura 4.7. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de construcción con premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).
(elaboración propia)

- **Resultados del análisis en la fase de operación sólo con premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).**

Del mismo modo se hizo una valoración de la tabla 4.4, dejando las premisas bases para los riesgos en las edificaciones administrativas del complejo en su fase de operación, valorando como podían las consecuencias afectar las instalaciones vecinas, como se puede observar en el gráfico 4.8. Registrándose niveles de riesgos bajos a moderados ($((2+2+2+2+3+2+4+3)/72*100)$), es decir que al menos el 27,8% de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con gran facilidad.

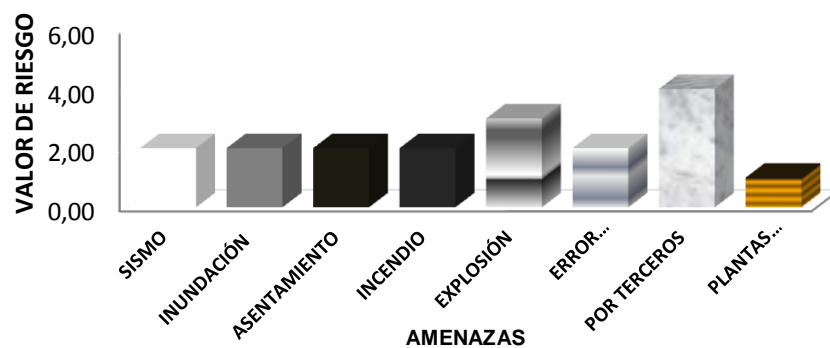


Figura 4.8. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de operación con premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).
(elaboración propia)

- **Resultados del análisis de los riesgos en la fase de construcción sin premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).**

Esta vez se realizó la valoración matricial de la tabla 4.3 sin las premisas bases para los riesgos en las edificaciones administrativas del complejo en su fase de construcción, valorando como podían las consecuencias afectar las instalaciones vecinas. Obteniéndose niveles de riesgos moderados a altos $((3+6+4+6+6+4+4+3)/72*100)$, es decir que al menos el 47,2 % de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con gran facilidad, como se puede observar en el gráfico 4.9.

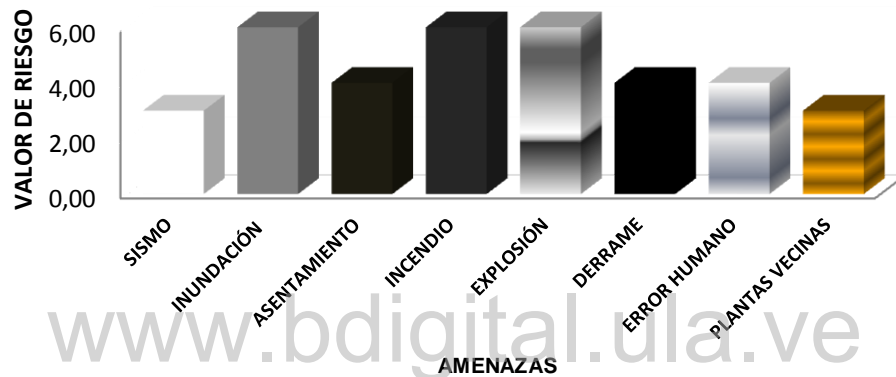


Figura 4.9. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de construcción sin premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).
(elaboración propia)

- **Resultados del análisis en la fase de operación sólo sin premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).**

Se hizo una valoración de la tabla 4.4, eliminando las premisas bases para los riesgos en las edificaciones administrativas del complejo en su fase de operación, valorando como podían las consecuencias afectar las instalaciones vecinas, como se puede observar en el gráfico 4.10. Los niveles de riesgos obtenidos fueron de moderados a altos $((3+6+4+6+6+6+6)/72*100)$, es decir que al menos el 34,9% de los elementos relacionados con el riesgo pueden ponerse fuera de control con gran facilidad.

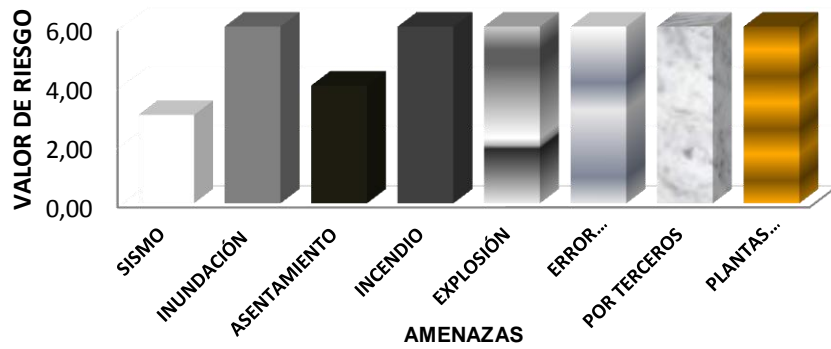


Figura 4.10. Gráfico de valoración de los riesgos en la fase de operación sin premisas y su efecto a los contornos (instalaciones vecinas).
(elaboración propia)

A partir de cada una de las valoraciones, se realizó en gráfico 4.11, que engloba todo los totales, para representar la sensibilidad.

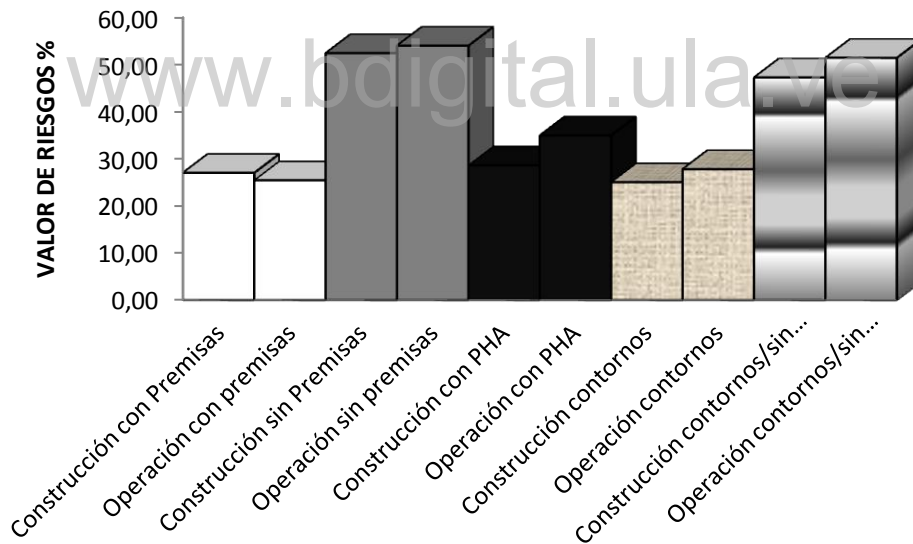


Figura 4.11. Gráfico de Sensibilidad de Riesgo, (elaboración propia)

4.2.4. Resultado de la valoración cuantitativa de riesgos.

Esta fase de los lineamiento no se realizó por el hecho de que los riesgos cualificados con premisas, no sobrepasan el valor determinante para sugerir este análisis, que corresponde a más de 50% de los elementos relacionados con el riesgo estén fuera de control, hay un equilibrio inestable, se requieren precisar acciones detalladas y por ende el análisis más detallado.

4.2.5. Resultado sobre el plan de respuesta a los riesgos.

Se determinó por medio de la revisión documental de la fase de planificación que en el momento del estudio del caso solo se encontró un Plan General de Emergencia relacionada con la refinería del Complejo por parte de SIR-PDVSA, pero que no existía planes sectoriales para cada zona del mismo, por consiguiente hay un vacío en esta parte para la Zona 2, correspondiente a las edificaciones administrativas. Debido a esto se planteó un plan de control de emergencia para el nivel de detalle del proyecto, tanto en la fase de construcción como en la de operación como estrategia de respuesta de contingencia (ver capítulo III, Fase de Respuesta y control de los Riesgos).

En este sentido y bajo las normas COVENIN y por el SIR-PDVSA, en marco a esto, se decidió desarrollar un plan de control de emergencia COMINSI rector, guía para todos los demás planes de cada una de las dependencias del complejo, entre ellos el de la Zona 2.

Esto quiere decir, que cada dependencia afrontara los riesgos y sus emergencias primariamente, si se le escapa de su control se activa el rector y si esta emergencia sobrepasa a este plan se activa el sectorial de PDVSA (ver figura 4.12 y 4.13).

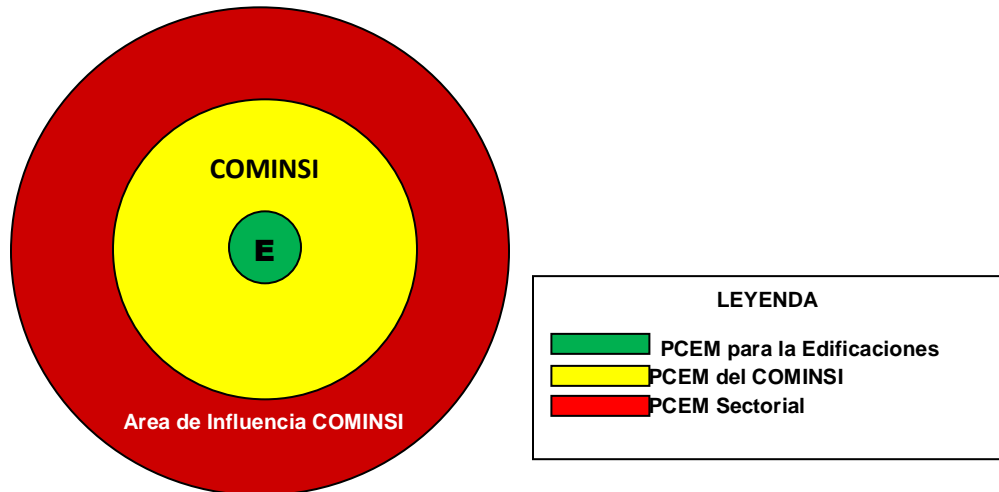


Figura 4.12. Representación de la organización de la activación de los planes según las áreas de acción

Elaboración Propia

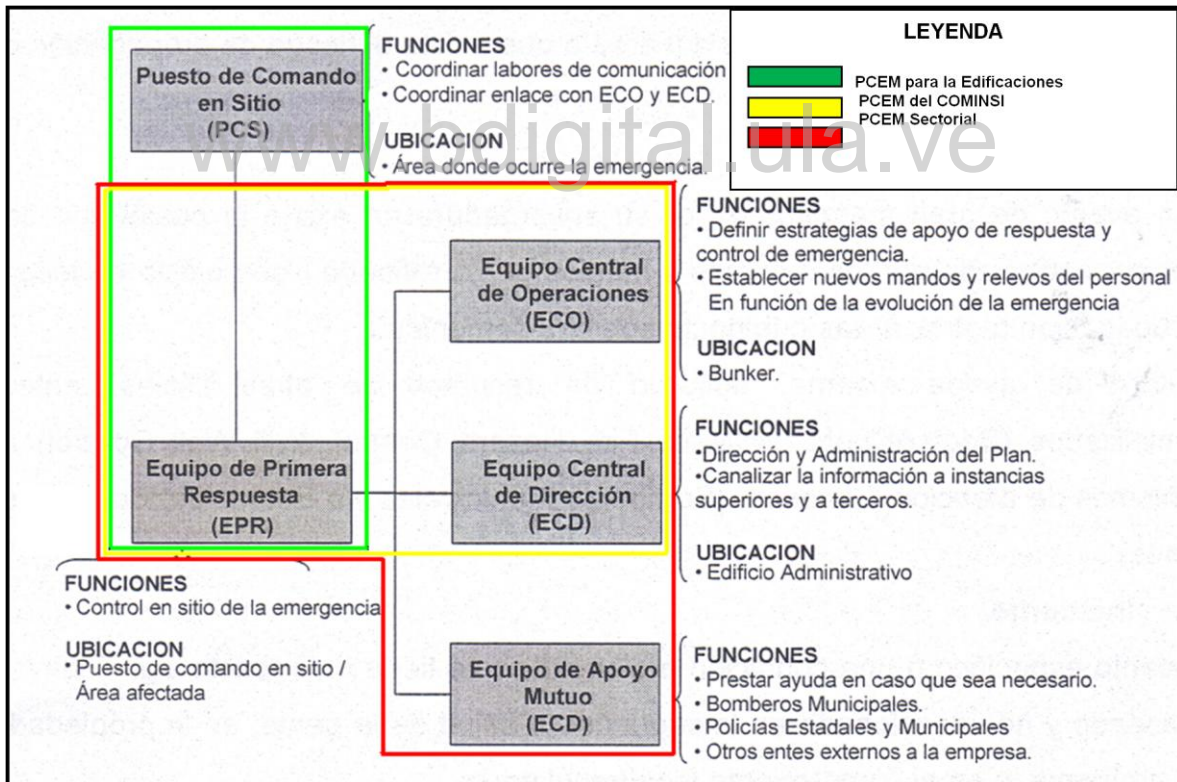


Figura 4.13. Estructura organizativa detallada para la respuesta de emergencias

Fuente: PGE de RBSI 2010, con modificación propia.

El Plan de Control de Emergencias se hizo como se mencionó anteriormente de acuerdo a las leyes, normativas, lineamiento y estándares internacionales. Debe ser actualizado cada 2 años si no ha habido cambios significativos en la organización. El responsable de la revisión o inclusión de mejoras de los planes será la Superintendencia de Respuesta y Control de Emergencias (SRCE). Para garantizar la operatividad y vigencia del plan como de los planes específicos de cada parcela, se realizarán ejercicios de simulacros y se mantendrá un plan de formación y capacitación para el personal.

Para este estudio una de las premisas es que el manejo de la emergencia se hará de manera sistemática como una secuencia cíclica de etapas que se relacionan entre sí, ya que se agrupan a su vez en tres fases: antes, durante y después.

El ciclo de respuesta a los riesgos y de las emergencias, se dividió por once etapas, las cuales son actividades específicas que se realizan antes, durante y después de una emergencia con el fin de facilitar una mejor definición de las acciones que se realizarán en todo el proceso, estas etapas son las siguientes:

- Prevención
- Identificación de Problemas
- Planificación
- Mitigación
- Preparación
- Alerta
- Manejo del Evento
- Respuesta
- Rehabilitación
- Reconstrucción
- Investigación, adiestramiento, pruebas y ejercicios.

4.2.5.1. La Capacitación.

Parte para el tratamiento de la prevención como en las emergencias, es crucial lograr la actuación de todos los involucrados de una manera cónsona, por consiguiente la capacitación y el entrenamiento de personal es esencial y se toma como premisa que es requisito para el ingreso y labor dentro de las instalaciones.

Esta capacitación debe ser ejecutada por el mismo personal que va capacitar y adiestrar al personal de la refinería, encargado de la planificación y ejecución de los planes de emergencias.

4.2.5.1.2. Objetivo de la capacitación.

Siguiendo y adaptando el Plan de emergencia de la RBSI, el objetivo de la capacitación es establecer los planes de Adiestramiento, divulgación y capacitación de todo el personal con responsabilidades en el Plan de Control de Emergencia de COMINSI como plan rector, así como también del plan para las emergencias dentro de las Edificaciones durante las fases de construcción y operación, además de la planificación de los simulacros (CIDIAT, 2011)

4.2.5.1.3. Alcance de la capacitación.

Abarca a todo el personal con responsabilidades en el Plan de Control de Emergencia de COMINSI y de las Edificaciones.

4.2.5.1.4. Adiestramiento.

Los cronogramas de adiestramiento se realizarán al igual que en el Plan de Control de Emergencia del COMINSI, de acuerdo a la siguiente distribución para que no afecte la capacitación el plan particular de esta área.

- **Todo el Personal:**

Son las personas que laboran en las Edificaciones, sin importar el cargo o nómina a la cual pertenecen. La empresa deberá coordinar y mantener el siguiente programa de adiestramiento para este personal, según la tabla 4.5, mostrada a continuación:

Tabla 4.5. Adiestramiento a Todo el Personal

Adiestramiento a impartir	EN	FEB	MA	AB	MA	JUN	JUL	AG	SEP	OC	NO	DI
Notificación de Riesgos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Charla Plan General de	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: CIDIAT (2011), modificación propia

Este adiestramiento debe hacerse, durante el proceso de ingreso del personal a laborar en las instalaciones de COMINSI y no debe permitirse la entrada de personas a las instalaciones operacionales sin cumplir con estos requisitos por seguridad industrial operacional.

El personal de los equipos de respuesta primaria (EPR), equipos de control de operaciones (ECO), equipos de control y dirección (ECD) y equipos de ayuda mutua (EAM), tanto principales como alternos, los cuales deben ser adiestrados según la tabla 4.6, mostrada a continuación:

Tabla 4.6. Adiestramiento a los equipos EPR, ECO, ECD y EAM.

Adiestramiento a impartir	EN	FE	M	AB	M	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI
Combate de Incendios		X	X									
Auxilios Médicos de Emergencias				X	X							
Seguridad Industrial						X	X					
Comando de Incidente								X	X			

Fuente: CIDIAT (2011), modificación propia

4.2.5.1.5. Simulacros.

Al fin de concretar el plan de emergencia y planeamientos previos desarrollados se debe programar la simulación de los mismos, actividad que pretende someter a prueba a los equipos de supervisión y control, los equipos y sistemas de extinción; con el objetivo principal de evaluar la efectividad del plan y las mejoras tempranas de existir debilidades en los mismos. Durante los ejercicios de simulacros se debe evaluar los siguientes elementos:

- **Desalojo:** se validará con el desarrollo del evento, mediante la activación del sistema de alarma y posterior movilización de los trabajadores hacia los puntos de reunión previamente establecidos.
- **Rescate y Salvamento:** aquí se validará mediante la actuación de los

brigadistas y personal de RCE, en la ubicación y extracción de los lesionados simulados presentes en los puntos previamente establecidos y la atención de los casos reales que se pudiesen presentar.

- **Comunicación:** Este plan se validará mediante las comunicaciones requeridas para el desarrollo del evento.
- **Transporte:** Este plan se validará mediante la respuesta a los requerimientos de las unidades de transporte para el traslado de lesionados simulados, solicitud de equipos y maquinarias requeridos para el rescate.
- **Servicios Médicos:** Se validará mediante la actuación de los brigadistas y personal de RCE en la clasificación, atención de los lesionados simulados en los puntos de reunión previamente establecidos y los casos reales que se pudiesen presentar.

4.2.5.2. Afectación por la Cercanía de la Refinería.

Se tomo los resultados obtenidos en los estudios realizados por PDVSA junto al Consorcio SAIVEP-Santa Inés (conformado por las empresas Saipem y Vepica), de los análisis preliminares de riesgos para las futuras instalaciones de la Refinería Batalla de Santa Inés (SAIVEP, 2010). Los cuales comprendieron:

- Análisis Funcional de Operabilidad (Hazard and Operability, HAZOP)
- Nivel de Integridad de Seguridad (NIS, SIL)
- Identificación de Peligros (Hazard Identification, HAZID)
- Cálculo de Consecuencias Preliminares

Donde se determina que ninguno de los escenarios simulados afectará áreas externas a los límites de la Refinería.

Vale destacar que estos estudios se realizaron durante la etapa de ingeniería conceptual y que no se evaluaron las consecuencias de un evento catastrófico.

4.2.6. Resultado sobre el plan de seguimiento y control de riesgos.

Se determinó por medio de la revisión documental de la fase de planificación que en el momento del estudio del caso que no existe un plan de seguimiento de los riesgos que se evaluaron y los que surjan, por consiguiente hay un vacío en esta parte para la Zona 2, correspondiente a las edificaciones administrativas. Debido a esto se planteo un plan de seguimiento y control de riesgos para el nivel de vida del proyecto, tanto en la fase de construcción como en la de operación. El bosquejo del plan de seguimiento y control expresado en el capítulo 2, se propone para llenar el vacío, ver figura 4.14.



Figura 4.14. Esquema de la organización del seguimiento y control de los riesgos.

Elaboración Propia

4.3 Lineamientos Metodológicos Definitivos para la Cualificación de la Seguridad y Riesgos Tecnológicos en proyectos para la Industria.

Después de la aplicación de la 6 fases de los lineamientos preliminares al caso de estudio (Zona 2 del COMINSI), se llegó a los lineamientos definitivos, en la figura 4.15, se esquematiza la variación de estos con respecto a los preliminares (ver figura 4.2).

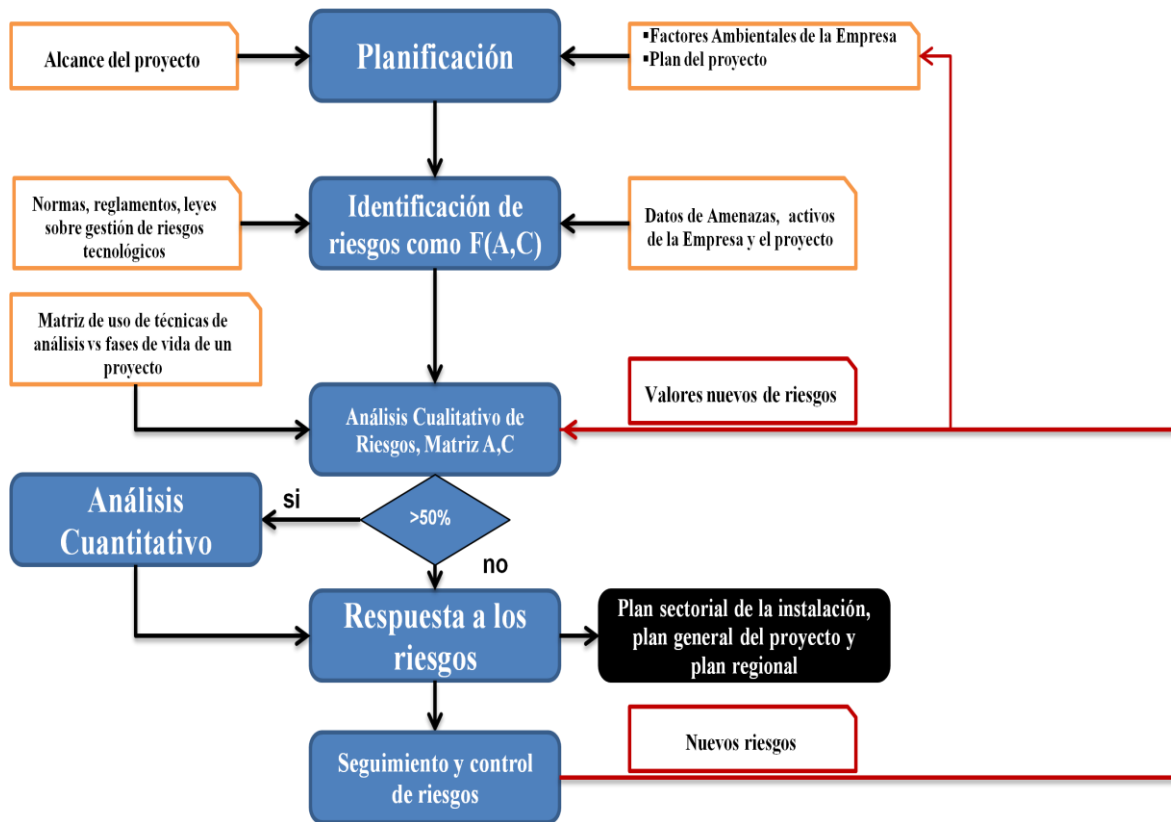


Figura 4.15. Lineamientos definitivos obtenidos a partir de la fase IV, evaluando el caso

Elaboración Propia

De los resultados podemos decir que los lineamientos funcionaron para detectar vacios en las fases de respuestas a los riesgos y del seguimiento. Que la premisa que el proyecto se debe realizar conforme a la Filosofía de Diseño Seguro, considerando aspectos legales y lineamientos de Ambiente e Higiene Ocupacional funciona como línea base para el estudio de sensibilidad ante los riesgos del proyecto.

De la valoración de los riesgos Socionaturales y Tecnológicos representados en el gráfico de la figura 4.11, se observó la importancia de tener siempre presente los planes de respuestas antes los riesgos como premisas para evitar que estos estén fuera del control provocando consecuencia inaceptables antes las amenazas inherentes y que siempre van estar dentro y hacia fuera de el área del proyecto.

La inclusión de las amenazas y consecuencias de las posibles instalaciones en los alrededores a la instalación no, varían determinadamente el nivel de riesgo si se mantienen las premisas. Si no se toman las premisas tanto en la fase de construcción y operación, tomando o no los alrededores, se hace necesario un subsecuente análisis cuantitativo, más profundo, y determinar valores ponderados concreto.

Los expertos para la valoración de los riesgos se tenían que hacer por un método más probabilístico, como el método de muestreo en bola de nieve “Snowball Sampling”, pero para efecto del trabajo se escogieron por su influencia directa en el proyecto en estudio, y los externos por escogencia directa. Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos por medios de sus valoraciones, no se ven afectados por la manera a las que fueron escogidos, sino por su experticias.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Considerando los resultados obtenidos en la investigación se plantean las siguientes conclusiones.

- Los lineamientos definitivos son base para la evaluación de la gestión de riesgos tecnológicos en complejos industriales, ya que toman en cuenta los aspectos que evalúan tanto la fase de vida del proyecto como los riesgos (en función de amenazas y consecuencias) asociados a este proyecto.
- Los lineamiento formulados permitieron detectar vacios en cuanto a los planes de respuestas a los riesgos y su efectivo seguimiento en el caso de estudio, quedando la propuesta para otro estudio, la puesta en marcha de un plan de seguimiento y control de los riesgos establecidos.
- Los lineamientos metodológicos definitivos planteados son exclusivamente para análisis de riesgos cualitativos, los análisis cuantitativos quedan para trabajos adicionales más exhaustivos, esto debido a que los lineamientos fueron establecidos metodológicamente para realizarse de manera expedita, y para proyectos donde la valoración del riesgo no sobrepase al valor establecido, mayor al 50 %.
- La técnica de análisis de riesgos como función de las amenazas y consecuencias permitió la incorporación de las 4 principales técnicas de análisis cualitativo de riesgos (¿Que pasa sí?, HAZOP, análisis preliminar de riesgos y lista de chequeo), en un análisis más expedito.
- Es imprescindible que la filosofía del diseño seguro esté presente en las fases de planificación de los proyectos como parte esencial, para que al momento de las fases de ejecución sean llevadas a la práctica y tener un proyecto intrínsecamente seguro.

5.2 Considerando lo obtenido en la investigación se plantean las siguientes recomendaciones.

- Aplicar la estructura de los lineamientos definitivos en otros casos industriales, en proyecto de nivel local, regional o nacional; esto con la finalidad de tener otros puntos de vista y perspectivas que permitan seguir mejorando su calidad.
- Usar como referencia para el desarrollo de trabajos relacionados en el ámbito de riesgos tecnológicos en la industria u otros ámbitos sectoriales que consideren la gestión de riesgos, con objetivo de elaborar lineamientos similares, el presente estudio puede ser utilizado como guía, ya que actualmente existen muy pocos trabajos de estas características.
- Se considera que la Zona 2 del COMINSI, evaluada en esta investigación y así como las otras áreas del complejo (dentro y fuera) competentes a la respuesta, como también del seguimiento de los riesgos evaluados; tienen la oportunidad de comenzar a evaluar e internalizar estos lineamientos y formular estrategias para llenar los vacíos encontrados. Contribuir con el estado en la implementación de la prevención y mitigación de riesgos, como en los protocolos de preparación y respuesta sectorial ante eventos físico-naturales y tecnológicos que puedan afectar la gestión de riesgo en los proyectos similares por venir, y de esta manera avanzar progresivamente en una mayor seguridad y calidad en el desempeño en cuanto a la planificación y ejecución de todos los planes, programas, proyectos, acciones y actividades que desarrolla PDVSA.
- Estructurar un plan de respuesta sugerido por capas, fundamento de la Filosofía del Diseño Seguro, ya expresado en este trabajo en el capítulo 4, formulando el Plan de Contingencias y Emergencias para la Zona 2, un plan para el complejo y que se vincule con los planes sectoriales de PDVSA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barberii, E. (2001). Pozo Ilustrado. (5ª. Ed.). Caracas: Ediciones FONCIED. República Bolivariana de Venezuela.
- Bearing Point. (2002). Mitigación de Riesgo Operacional. [Consultado 2013, Diciembre 12]. Disponible: www.risklab.es/es/jornadas/2002/BearingPoint_Mitigacion_Riesgo_Operacional.pdf
- Burgos, F. (2004). Breviario de Seguridad Industrial. Prevención de riesgos en la pequeña y mediana industria. (2ª. Ed.). Caracas: Presa Peyran Editores CA. República Bolivariana de Venezuela.
- Carbonell, M. (2011). Explosión en CAVIM. El Tiempo. [Periódico en línea][Consultado 2011, Enero 31]. Disponible: <http://eltiempo.com.ve/sucesos/accidente/explosion-en-cavim/11517>.
- Casal, J. (2000). Análisis de Riesgos en Instalaciones Industriales. Trabajo de Doctorado en el CERTEC. Universidad Politécnica de Cataluña. España.
- CIDIAT. (2010). Estudio de impacto ambiental y sociocultural de la Refinería Batalla de Santa Inés. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.
- Cleland, D. (1990). Project Management. Strategic Desing & Implementation. Ed. TPR/TAB Books. New York. USA
- De la Cruz, C., R. García, S. Moroy y F. Cruz. (2000). Análisis de Riesgos de Procesos (ARP), Un esquema de mejora de la técnica “HazOp”. Tecnología y Ciencias Ediciones. Instituto Mexicano de Ingeniería Química. 15(2), pp. 49-60. México.
- Hidalgo, A. (2004). Una Introducción a la Gestión de Riesgos Tecnológicos. Revista de Gestión de la Innovación y de la Tecnología. 4 (23). pp. 56-62. México.
- HSE. (1989). Quantified risk assessment: its input to decision making. HSE. London.

- Liñayo, A. (2008). Identificación y tratamiento del riesgo tecnológico urbano de la ciudad de Mérida (Venezuela). La RED. CIGIR. Mérida. Venezuela.
- Liñan, M., A. Rodríguez, C. Barberín y J. Huerta. (2002). Análisis de Riesgo Ambiental y su Aplicación al Almacenamiento y Manejo de Cloro Industrial. Ciencias de Universidad Autónoma de Nuevo León. 5 (2). México.
- Lobo, A. (2010). Lineamientos para la gestión de riesgos tecnológicos como elemento de sostenibilidad urbana. Caso de estudio: Complejo Petroquímico Morón, municipio Juan José Mora. Estado Carabobo, Venezuela. Trabajo para optar al grado de Magister, Universidad de los Andes.
- Jiménez, M. y C. Cuesta. (2000). Valoración de riesgos de un proyecto utilizando el proceso jerárquico de análisis. [Documento en línea]. [Consultado 2013, Agosto 24] Disponible: <http://www.uv.es/asepuma/VI/20.PDF>.
- Martínez, J. (2008). Introducción al análisis de riesgos. [Libro en línea]. [Consultado 2011, Marzo 4]. Disponible: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/montoya_m_j
- M.A.CH. (2007). Curso de Analista de Riesgos. AFIRO. Barinas. República Bolivariana de Venezuela.
- Morales, R., G. Camps y J. García. (2008). Análisis de riesgo aplicado a la planeación de la producción de petróleo en la Región Marina Mexicana. Revista Tecnología y Ciencia. (IMIQ). 23 (2). pp. 53-61. México.
- Muñoz, A. (2006). La Seguridad Industrial Fundamentos y Aplicaciones. [Documento en línea] [Consultado 2011, Julio 15]. Disponible: <http://www.cntq.gob.ve/cdb/documentos/seguridad/181.pdf>
- PDVSA. (1995). IR-S-00. Manual de Ingeniería de Riesgos. Revisión 0. Caracas. República Bolivariana de Venezuela.

- PDVSA. (2005). SI-S-04. Requisitos de seguridad industrial, higiene ocupacional y ambiente en el proceso de contratación. Revisión 0. Caracas. República Bolivariana de Venezuela.
- PDVSA. (2013). Informe Eventos clase A Refinería de Amuay. [Documento en línea]. [Consultado 2014, Febrero 13]. Disponible: <http://www.pdvsa.com/interface.sp/database/fichero/publicacion/8264/1632.PDF>.
- PMBOK. (2004). Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos. Newton Square. Pennsylvania 19073-3299.USA.
- PMI. (2004). Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos. Newton Square. Pennsylvania 19073-3299. USA.
- República Bolivariana de Venezuela. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1988). Programa de Higiene y Seguridad Industrial. Aspectos Generales. Norma COVENIN (2260). COVENIN. FONDONORMA. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1995). Comités de Higiene y Seguridad Industrial. Integración y Funcionamiento, Norma COVENIN (2270). (2ª. Rev.). COVENIN. FONDONORMA. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1998). Productos Derivados del Petróleo. Gases Licuados del Petróleo. Norma COVENIN (904). (3ª. Rev.). COVENIN. FONDONORMA. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2004). Norma venezolana condiciones mínimas de seguridad para trabajos ejecutados por contrato. Norma COVENIN (1566). (1ª. Rev.). COVENIN. FONDONORMA. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1989). Norma venezolana extintores portátiles generalidades. Norma COVENIN (1040). (1ª. Rev.). COVENIN. FONDONORMA. Caracas.

- República Bolivariana de Venezuela. Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1999. Norma venezolana para extinción de incendios en edificaciones. Sistema fijo de extinción con agua. Rociadores. Norma COVENIN (1376). (1ª. Rev.). COVENIN. FONDONORMA. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela. (2005). Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT). Gaceta Oficial N° 38.236. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela. (2009). La Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos Gaceta Oficial No 39.095. Caracas.
- SAIVEP, PDVSA. 2010. Hazid Report, Batalla de Santa Inés Refinery Project. PDVSA. Documento 00-ZA-E-85050. Barinas. República Bolivariana de Venezuela.
- SIGWEB. (2009). Matriz de Riesgo, Evaluación y Gestión de Riesgos. [Documento en línea]. [Consultado 2011, Junio 6] Disponible: www.sigweb.cl/biblioteca/MatrizdeRiesgo.pdf
- Storch, J. (2000). Manual De Seguridad Industrial En Plantas Químicas Y Petroleras, Fundamentos, Evaluación De Riesgos y Diseños. Editorial MC-GRAW. HILL. España.
- Torres, V., A. López y A. Carbonell. (2012). Propuesta metodológica para el análisis de riesgo dentro de los planes de prevención. [Documento en línea]. [Consultado 2014, Marzo 2]. Disponible: http://www.isri.cu/publicaciones/articulos/2012/boletin_0212.pdf.
- Ugas, L. (2008). La gestión de los proyectos en las empresas del sector energético. Caso: Enelven – Carbozulía. Revista Electrónica de Estudios Telemáticos. Depósito Legal: PPX200002ZU2142 / ISSN: 1856-4194. 7(2), Zulia. Venezuela.
- Zapata, A. (2006). Metodología para la medición de la seguridad y riesgos en los proyectos de la Gerencia de Ingeniería y Medio Ambiente de SIDOR. Trabajo de Grado para Especialización. Universidad Católica Andrés Bello.

GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.

A partir de las siguientes Normas COVENIN se extrajeron las definiciones de términos básicos requeridos para el entendimiento del documento, tales normas son:

- COVENIN 2260-04: Programa de Higiene y Seguridad Ocupacional. Aspectos Generales.
- COVENIN 2226-90: Guía para la elaboración de Planes para el Control de Emergencias.
- COVENIN 4001-00: Sistema de Gestión de Seguridad e Higiene Ocupacional (SGSHO) Requisitos.
- COVENIN 2266-88: Guía de los Aspectos Generales a ser Considerados en la Inspección de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- COVENIN 3661-04: Gestión de Riesgos, Emergencias y Desastres. Definición de Términos.
- COVENIN 1566-04: Condiciones Mínimas de Seguridad para Trabajos Ejecutados por contrato.

Las definiciones son las siguientes:

- **Accidente:** Es un evento no deseado e inesperado que interrumpe el desarrollo normal de actividades productivas, generando daños, lesiones, pérdidas materiales y/o afecciones al ambiente.
- **Alarma:** Aviso o señal que se da para que se sigan las instrucciones específicas debido a la presencia real o inminente de un evento.
- **Alerta:** Estado declarado con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de un evento generador de daño.
- **Amenaza:** Peligro asociado a un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico, dentro de un

periodo determinado y con potencial para producir efectos adversos (consecuencias) sobre las personas, bienes, servicios y el medio ambiente.

- **Antrópico:** De origen humano o derivado de las actividades del hombre.
- **Causa:** Es toda aquella acción, omisión, circunstancia o situación que genera el evento no deseado
- **Consecuencias:** El evento no deseado, al no ser controlado por los sistemas de protección, puede producir lesiones, daños materiales y/o daños al ambiente.
- **Contingencia:** Aquel hecho o problema que se plantea ante nosotros de una manera totalmente imprevista.
- **Daño:** Pérdida directa e indirecta o grado de destrucción causado por un evento.
- **Derrame:** Vertido violento y masivo de un líquido a través de una abertura del recipiente que lo contiene.
- **Desastre:** Alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente, causada por un suceso natural o antrópico, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.
- **Emergencia:** Alteraciones intensas en las personas, bienes, servicios y medio ambiente causadas por un evento natural o antrópico que no excede la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.
- **Emergencia Menor:** Es cualquier acontecimiento que sin poner en peligro la vida de las personas, representen riesgo de daños a la propiedad y/o al ambiente y están dentro de la capacidad de control de la empresa.

- **Emergencia Seria:** Es cualquier condición que ponga en peligro la vida de las personas y represente riesgos a la propiedad y/o al ambiente y que estando dentro la capacidad de control de la empresa requiere limitada ayuda externa.
- **Emergencia Mayor:** Es cualquier condición que ponga en peligro la vida de las personas, represente riesgos de daños a la propiedad y/o al ambiente y que rebase los recursos de las Compañías y requieran auxilio exterior y/o movilización completa de los recursos.
- **Equipo de trabajo:** Este tipo de proyectos posee variables técnicas de alta complejidad, por ello, es necesario utilizar un equipo de trabajo altamente capacitado y dedicado exclusivamente al desarrollo del mismo. Se sugiere utilizar técnicos y profesionales en salud y seguridad ocupacional, ingenieros industriales, eléctricos, civiles y mecánicos, geólogos, bomberos, asistentes en emergencia médica y otros expertos en emergencias.
- **Evento no Deseado (END):** Es aquel que ocurre por una falla o desequilibrio en el sistema hombre-máquina-proceso y microclima de trabajo, pudiendo tener o no consecuencias (Accidente o Incidente).
- **Explosión:** Expansión violentas de un gas para equilibrar energía produciendo deflagración de material en su proceso.
- **Fuego:** Reacción química de combustión incontrolada originada por tres factores Oxígeno, Combustible y Fuente de Ignición, que produce llamas y puede ser exotérmica si produce calor.
- **Fuga:** Filtración de líquido o escape de gas/vapor en forma continua, por efecto de fuerza mecánica a través de las paredes o uniones de un recipiente.

- **Sustancias Tóxicas:** Aquellos materiales que por sus propiedades químicas pueden producir efectos nocivos, reversibles o irreversibles, cuando han sido absorbidos o introducidos en un organismo viviente.
- **Incendio:** es el fuego de grandes proporciones que destruye aquello que no está destinado a quemarse. El surgimiento de un incendio implica que la ocurrencia de fuego fuera de control, con riesgo para los seres vivos, las viviendas y cualquier estructura.
- **Incidente:** Evento no deseado que no genera consecuencia alguna, ni daños o lesiones a personas ni medio ambiente.
- **Mitigación:** Es toda acción orientada para disminuir el impacto de un evento que pueda generar un daño.
- **Organismos de apoyo:** Son aquellas instituciones públicas o privadas que, de manera eventual, puedan aportar recursos o informaciones necesarias en el proceso de protección y administración de desastres.
- **Plan de desalojo:** Contiene la información necesaria para el oportuno y seguro desalojo de personal de aquellas instalaciones y/o áreas con exposición a niveles de riesgo. Incluye información relacionada con: escenarios de emergencias, rutas de desalojo de acuerdo con la dirección del viento, áreas de concentración de personas, responsabilidades del personal, planos ilustrativos.
- **Plan para el control de Emergencias:** Es el procedimiento escrito que permite responder adecuada y oportunamente con criterios de seguridad, eficiencia y rapidez ante los casos de emergencias que se puedan presentar. Mediante una acción de colectiva y coordinada de los diferentes entes participantes que permiten controlar y minimizar las posibles pérdidas.

- **Planes de acción ante emergencia:** Propuesta de organización para cada centro de trabajo donde se definirán las responsabilidades de la organización y roles antes, durante y después de una emergencia.
- **Preparación:** Conjunto de medidas y acciones llevadas a efecto para reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños (previos a la ocurrencia de un evento capaz de producir una emergencia o un desastre), organizando oportuna y eficazmente la respuesta y rehabilitación.
- **Prevención:** Conjunto de medidas cuyo objeto es impedir o evitar que eventos naturales o antrópico, causen daños, emergencias o desastres.
- **Peligro:** Potencial daño que presenta un sistema, proceso, materia, energía, equipo, herramientas, instalación, persona, actividad; debido a sus características intrínsecas, propiedades, condiciones etc.
- **Perdidas:** Corresponden a los costos de las consecuencias, pueden ser pérdidas directas y/o indirectas.
- **Rehabilitación:** Recuperación a corto plazo de los servicios básico e inicio de la reparación del daño físico, social y económico como consecuencia de una emergencia o una desastre.
- **Respuesta:** Ejecución de las acciones previstas en la etapa de preparación y que, en algunos casos, ya han sido anteceditas por actividades de alistamiento y movilización, motivadas por la declaración de diferentes estados de alerta. Corresponde a la reacción inmediata para la atención oportuna de la población.

- **Riesgo:** Es la probabilidad que se generen consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.
- **Riesgo Socionatural:** Peligro potencial asociado con la probable ocurrencia de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad o recurrencia se relaciona con procesos de degradación ambiental o de intervención humana en los ecosistemas naturales.
- **Riesgo tecnológico:** Peligro potencial generado por la actividad humana relacionado con el acceso o uso de la tecnología, percibidos como eventos controlables por el hombre o que son fruto de su actividad.
- **Sistema de comando de incidentes (SCI)** Es un modelo de estructura y organización para dirigir y coordinar las personas y recursos para el manejo de emergencias, con el fin de controlar y minimizar los efectos de una situación no deseada.
- **Sistemas de Seguridad:** Todo sistema o dispositivo o acción destinado a evitar la ocurrencia de un evento no deseado (también llamados sistemas preventivos)
- **Sistemas de Protección:** Todo dispositivo, sistema o acción que minimice o controle las consecuencias de un evento no deseado.
- **Sustancias Tóxicas:** Aquellos materiales que por sus propiedades químicas pueden producir efectos nocivos, reversibles o irreversibles, cuando han sido absorbidos o introducidos en un organismo viviente.
- **Zona Caliente:** Es el área que se establece desde el sitio donde se genera el evento hasta el lugar donde la cantidad de calor y/o concentración de la sustancia alcanza el valor de la dosis letal inmediata para el ser humano (máximo en caso de incendio y máxima

concentración en caso de fugas o derrames) y solo es posible el acceso con equipos de protección personal especiales.

- **Zona Fría:** Es el área donde ni el calor ni la concentración de las sustancias representan riesgo inmediato para el personal encargado del control del evento; también es conocida como zona de seguridad y control.
- **Zona Tibia:** Es un área de riesgo intermedio que se establece entre la Zona Caliente y la Fría o Área de Seguridad y Control la cual se puede penetrar con equipos de protección personal convencionales.

www.bdigital.ula.ve