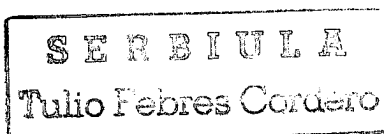




UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
POSTGRADO DE ESPECIALIZACIÓN
EN INGENIERÍA DE AMBIENTE, HIGIENE Y SEGURIDAD



755.3
H3D45



**DISEÑO Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍA PARA LA
OPTIMIZACIÓN COSTO - RIESGO - BENEFICIO EN LAS
ESTACIONES DE FLUJO UBICADAS EN EL LAGO DE
MARACAIBO**



Trabajo Especial de Grado presentado
ante la Ilustre Universidad de los Andes
como credencial de Mérito para optar al
título de “Especialista en Ingeniería de
Ambiente Higiene y Seguridad”

TUTOR INDUSTRIAL:

Ing. Dávila, Gustavo

TUTOR ACADÉMICO:

Ing. Rennola, Leonardo

Realizado Por:

Ing. Delgado C., Noemiz

Ing. Méndez R., Adriana

MÉRIDA – DICIEMBRE - 2001

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

PARTICIPACIÓN

Cumpliendo con la reglamentación del Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad de los Andes, a continuación especificamos la distribución del trabajo realizado en el Proyecto de Grado titulado “**DISEÑO Y APLICACIÓN DE METODOLOGIA PARA LA OPTIMIZACION COSTO – RIESGO – BENEFICIO EN LAS ESTACIONES DE FLUJO EN EL LAGO**”.

	Noemiz Delgado C.	Adriana Méndez R.
	%	%
Recopilación de Información	50	50
Revisión y Análisis de la Información Bibliográfica y de Campo	50	50
Revisión de Técnicas de Análisis de Riesgo.	50	50
Revisión de las Técnicas de Confiabilidad Operacional.	50	50
Comparación unificación de Criterios	50	50
Desarrollo de los procedimientos incluyendo técnicas de Análisis de Riesgo con Confiabilidad Operacional	50	50
Aplicación de Análisis de Criticidad con los criterios propuestos	50	50
Análisis de los Resultados y redacción	50	50

Hacemos constar que la información arriba indicada es auténtica y refleja nuestra participación en el Proyecto de Grado.

Los integrantes:

Ing. Noemiz L. Delgado C.

Ing. Adriana T. Méndez R.

DEDICATORIA

A mis hijas Nohely y Nohemy, quienes han llenado mi vida de alegría y ternura.

A mi esposo Nelson, por su paciencia y extraordinario apoyo Te amo.

A mis padres María y Antonio, mi mejor ejemplo de esfuerzo y dedicación.

A mis hermanas, cuñados y sobrinas, seres especiales en mi vida.

Al Sr. Gustavo Dávila, por su gestión para mi participación en este postgrado.

A mi compañera de tesis Adriana, por su paciencia y apoyo.

Noemiz

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

DEDICATORIA

*“Todo lo que vivamente soñamos,
ardientemente deseamos y
entusiastamente emprendemos,
inevitablemente sucederá”.*

Anónimo.

A mis padres, Ricardo y Teresa, este triunfo es de Uds., los adoro y quiero.

A Yaniska, por estar siempre a mi lado.

A mis abuelos Flor y Víctor, los quiero.

A mis Tías, primas y primos.

A Noemiz, por brindarme su apoyo.

A mis compañeritos, de postgrado, los aprecio.

Adriana

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

AGRADECIMIENTO

- A Dios, quién siempre nos acompaña y por darnos fuerza en los momentos más difíciles.
- Al personal de la Gerencia de Seguridad, Higiene y Ambiente, de PDVSA E&P Occidente, por su apoyo y colaboración durante el desarrollo de este trabajo.
- Al personal de la superintendencia de Confiabilidad Operacional, especialmente al Ing. José Luis Perdomo por su paciencia, dedicación y toda la información suministrada para la realización de este trabajo. José Luis tenemos mucho que agradecerle.
- A los compañeros del postgrado por su entusiasmo y apoyo.
- A nuestros tutores Gustavo Dávila y Leonardo Rennola por su apoyo incondicional.
- Al personal de la coordinación del postgrado: Profesor José Anderéz, Profesor Cesar Vega, Egli Mairé Dugarte, Carlos León y Gerlyn Duarte, por todo el apoyo brindado.
- A la Psicólogo Mary Kay Smilinsky y a los ingenieros: Maria Lina Carreño, Nikiforas Stepenka, Dennys Ravenstein, Jacinto Cubillany Rafael Gonzalez, por sus palabras de aliento y preocupación demostrada durante el desarrollo de este trabajo.
- A todos Gracias.....

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE GENERAL	viii
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
RESUMEN	xvi
GLOSARIO	xvii
INTRODUCCIÓN	21
ANTECEDENTES	23
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	25
CAPITULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	28
1.1 Generalidades de los Análisis de Riesgos	28
1.2 Métodos utilizados para los Análisis de Riesgos	34
1.3 Generalidades del Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional	40
CAPITULO 2. ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS PARA EVALUAR SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	61
2.1 Generalidades de Riesgo	61
2.2 Aspectos económicos de la Seguridad e Higiene	64
2.3 Criterios de Seguridad propuestos para el Análisis de Criticidad	69
2.4 Criterios Ambientales propuestos para el Análisis de Criticidad	74
2.5 Criterios propuestos para evaluar el impacto en Seguridad y Ambiente en el Análisis de Criticidad	88
CAPITULO 3. INTEGRACION DE PROCEDIMIENTOS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL Y ANÁLISIS DE RIESGOS	96
3.1 Procedimiento para el Análisis de Criticidas	96
3.2 Procedimiento para un Análisis Causa Raíz (ACR)	102

3.3	Procedimiento para aplicar Inspección Basada en Riesgo (IBR)	107
3.4	Procedimiento a seguir para aplicar Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)	116

CAPITULO 4. APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS EN EL ANALISIS DE CRITICIDAD	122
--	-----

4.1	Generalidades de la Unidad de Explotación Tía Juana Lago	123
4.2	Caso de estudio 1. Jerarquización de las Instalaciones de la Unidad de Explotación Tía Juana Lago	127
4.3	Caso de estudio 2. Jerarquización de las Estaciones de Flujo en la Unidad de Explotación Tía Juana Lago.	133

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
---	-----

BIBLIOGRAFIA	145
---------------------	-----

ANEXOS	148
---------------	-----

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
1-1. ETAPAS DE ESTUDIO DE UN ANALISIS DE RIESGO	33
1-2. CRITERIOS DE PDVSA DE TOLERANCIA DE RIESGO SOCIAL	39
1-3. ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL	41
1-4. METODOLOGÍAS DE MCO RECOMENDADAS EN FUNCION DEL NIVEL DE CRITICIDAD	43
1-5. ESQUEMA ESPINA DE PESCADO EMPLEADA EN EL ANÁLISIS CAUSA RAIZ	47
1-6. REPRESENTACIÓN GRAFICA – DETECCIÓN DE OPORTUNIDADES PERDIDAS	48
1-7. MATRIZ DE SEVERIDAD DE INSPECCION BASADA EN RIESGOS	49
1-8. ANÁLISIS COSTO RIESGO	50
1-19. MODELO DE CONSECUENCIAS	58
2-1. CRITERIOS ACTUALES VS. CRITERIOS PROPUESTOS PARA EVALUAR EL IMPACTO EN SEGURIDAD	74
2-2. CRITERIOS ACTUALES VS. CRITERIOS PROPUESTOS PARA EVALUAR LOS DAÑOS AL AMBIENTE	88
2-3. ESCENARIOS POSIBLES DE LOS CRITERIOS ACTUALES CONTRA LOS ESCENARIOS POSIBLES DE LOS CRITERIOS PROPUESTOS.	93
2-4. REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LOS ESCENARIOS EN UNA MATRIZ DE RIESGO.	94
3-1. DIAGRAMA ENTRADA PROCESO SALIDA REPRESENTANDO EN NIVEL MAS SENCILLO	98
3-2. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL ANALISIS DE CRITICIDAD CON LOS CAMBIOS PROPUESTOS	101
3-3. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE CAUSA RAIZ CON LAS TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RIESGO	106
3-4. MATRIZ 5X5 DEL ANÁLISIS IBR CUALITATIVO (NIVEL I)	108
3-5. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA CUANTIFICACION DEL RIESGO DENTRO DEL ANÁLISIS IBR CUALITATIVO	112
3-6. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN IBR CUANTITATIVO	113
3-7. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE IBR CON LAS TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RIESGO	115
3-8. FORMATO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN MCC	119
3-9. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE MCC CON LAS TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RIESGO	120
4-1. CASO 1 PARTE A. CRITICIDAD EN LAS INSTALACIONES, EN LA UE TIA JUANA LAGO.	128
4-2. CASO 1 PARTE A. MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LAS INSTALACIONES, EN LA UE TIA JUANA LAGO.	129
4-3. CASO 1 PARTE B. COMPARACIÓN DE LAS CRITICIDADES PARA LA INSTALACIÓN MAP DE LA UE TIA JUANA LAGO.	132

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4-4.	CASO 2 PARTE A. CRITICIDAD EN LAS ESTACIONES DE FLUJO DE LA UE TIA JUANA LAGO.	133
4-5.	CASO 2 PARTE A. MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LAS ESTACIONES DE FLUJO EN LA UE TIA JUANA LAGO.	137
4-6.	CASO 2 PARTE B. COMPARACIÓN DE LAS CRITICIDADES PARA LA EF-TJ-18 DE LA UE TIA JUANA LAGO.	140
4-7.	CASO 2 PARTE B. MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LAS ESTACIONES EN LA UE TIA JUANA LAGO.	140

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

LISTA DE TABLAS

TABLAS	Pág.
1-1. TECNICAS PARA LA IDENTIFICACION DE PELIGROS Y SUS PRINCIPALES APLICACIONES	30
1-2. CRITERIOS PDVSA PARA TOLERANCIA DE RIESGO INDIVIDUAL	38
1-3. GUIA DE CRITICIDAD	46
2-1. RIESGOS PUROS EN EL TRABAJO	62
2-2. CRITERIOS ACTUALES DE CRITICIDAD PARA SEGURIDAD	70
2-3. INDEMNIZACIONES SEGÚN EL TIPO DE ACCIDENTE LABORAL	71
2-4. CRITERIOS PROPUESTOS EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA EL IMPACTO EN SEGURIDAD	72
2-5. VALORACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS EN SEGURIDAD	73
2-6. CRITERIOS ACTUALES EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA EL IMPACTO AMBIENTAL	86
2-7. CRITERIOS PROPUESTOS EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA EL IMPACTO AMBIENTAL	87
2-8. CRITERIOS PROPUESTOS EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA EL IMPACTO AMBIENTAL SEGÚN LA VALORACION	87
2-9. CRITERIOS PROPUESTOS EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA EL IMPACTO EN SEGURIDAD Y AMBIENTAL	89
2-10. ESCENARIOS POSIBLES EN FUNCION DE LA CRITICIDAD, CONSECUENCIAS DE LOS COSTOS Y FRECUENCIAS	92
3-1. ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE CRITICIDAD PARA UNA INSTALACION Y/O SISTEMA	99
3-2. ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE CRITICIDAD JERARQUIZADA	100
3-3. FORMATO TIPICO PARA INCLUIR LA INFORMACIÓN SOLICITADA EN MCC	117
4-1. CASO 1 PARTE A. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN LA UE TIA JUANA LAGO	127
4-2. CASO 1 PARTE A. CRITICIDAD DE LAS INSTALACIONES SEGÚN SU FRECUENCIA DE FALLA Y CONSECUENCIA	129
4-3. CASO 1 PARTE B. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD CON LOS CRITERIOS PROPUESTOS	130
4-4. CASO 1 PARTE B. CRITICIDAD DE LAS INSTALACIONES SEGÚN SU FRECUENCIA DE FALLA Y CONSECUENCIA CON LOS CRITERIOS PROPUESTOS	131
4-5. CASO 2 PARTE A. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN LAS ESTACIONES DE FLUJO TIA JUANA LAGO	134
4-6. CASO 2 PARTE A. CRITICIDAD DE LAS ESTACIONES DE FLUJO, SEGÚN SU FRECUENCIA DE FALLA Y CONSECUENCIA	136
4-7. CASO 2 PARTE B. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD CON LOS CRITERIOS PROPUESTOS.	138

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- 4-8. CASO 2 PARTE B. CRITICIDAD DE LAS ESTACIONES DE FLUJO
SEGÚN SU FRECUENCIA DE FALLA Y CONSECUENCIA CON LOS
CRITERIOS PROPUESTOS

139

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Salud y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Diagrama de bloque (árbol lógico de decisión)

ANEXO 2: Hoja de Especificación del Material

ANEXO 3: Ejemplo de Árbol Lógico

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

LISTA DE ABREVIATURAS

APP	ANALISIS PRELIMINAR DE PELIGROS
FMEA/AMEF	ANALISIS DE MODOS FALLAS Y EFECTOS
HAZOP	ESTUDIOS DE PELIGROS Y OPERABILIDAD
AAF	ANALISIS DE ARBOL DE FALLAS
AAE	ANALISIS DE ARBOLES DE EVENTOS
CHECKLIST	LISTA D VERIFICACION
SIG	SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO
MCO	MEJORAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL
ENT	EQUIPO NATURAL DE TRABAJO
TPPR	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR
ACR	ANALISIS CAUSA RAIZ
APT	HERRAMIEN TO DEL DESEMPEÑO DEL ACTIVO
OCR	ANALISIS COSTO-RIESGO
IBR	INSPECCION BASADA EN RIESGOS
MCC	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
GSP	GERENCIA DE LA SEGURIDAD DE LOS PROCESOS
API	AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE
DBO	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO
DBO	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO
bbI	BARRILES
SHA	SEGURIDAD HIGIENE Y AMBIENTE
CRH	CAUSA RAIZ HUMANA
CRL	CAUSA RAIZ LATENTE
CRF	CAUSA RAIZ FISICA
ACBR	ANALISIS COSTO BENEFICIO RIESGO
CF	CONSECUENCIA DE LA FALLA
PF	PROBABILIDAD DE LA FALL
FF	FRECUENCIA DE FALLA
FFG	FRECUENCIA DE FALLA GENERICA
FFA	FRECUENCIA DE FALLA AJUSTADA
AICHE	INSTITUTO AMERICANO DE INGENIEROS QUIMICOS

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

RESUMEN

Las metodologías o técnicas que se utilizan en Confiabilidad Operacional (análisis de criticidad, causa raíz, inspección basada en riesgo y mantenimiento centrado en confiabilidad, entre otras), conllevan a la optimización de los programas de mantenimiento en función de la frecuencia de la falla y su consecuencia asociada, de forma análoga, las técnicas de Análisis de Riesgos buscan la identificación y cuantificación de los riesgos implícitos dentro de una instalación para alcanzar una mejor administración de la seguridad.

En el presente trabajo se analizaron las técnicas y los procedimientos utilizados en Confiabilidad Operacional, para determinar la inclusión de las técnicas de Análisis de Riesgos con el objetivo de mejorar la estimación y cuantificación de las consecuencias en Seguridad y Ambiente, que puede ocasionar una determinada falla en un equipo, sistema y/o instalación lo cuál puede soportar la toma de decisiones para elaborar e implantar los planes óptimos de mantenimiento.

Los resultados fundamentales del estudio se basan en la propuesta de nuevos criterios para la evaluación del impacto en seguridad y ambiente en el Análisis de Criticidad utilizado en Confiabilidad Operacional; y la reestructuración de cuatro de los procedimientos utilizados en confiabilidad, a través de la inclusión de las técnicas de Análisis de Riesgos dentro de las fases de los procedimientos de confiabilidad donde son factibles.

Palabras claves: Confiabilidad Operacional, Mantenimiento, Falla, Riesgo, Consecuencia.

GLOSARIO

ACCIÓN: Asignación para ejecutar una tarea o series de tareas para resolver una causa identificada en la investigación de una falla.

ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (ACR): Son las siglas de Análisis Causa Raíz. Se refiere a un conjunto de técnicas o procesos usados para identificar factores causales de fallas, con el objeto de resolver problemas.

ANÁLISIS DE RIESGOS: Es la actividad dirigida a la elaboración de una estimación (cualitativa o cuantitativa) del riesgo, basada en la ingeniería de evaluación y en técnicas estructuradas para promover la combinación de las frecuencias y consecuencias de un accidente.

CAUSA RAÍZ FÍSICA: Es el mecanismo de falla del componente. Su solución resuelve la situación de falla. Ej.: Material empacadura inadecuado.

CAUSA RAÍZ HUMANA: Identifica las acciones humanas que disparan la causa raíz física. Ej.: Selección inadecuada de la empacadura.

CAUSA RAÍZ LATENTE (ORGANIZACIONAL): Representan la manifestación de los procesos organizacionales que explican la ocurrencia de las causas raíces humanas. Solo su erradicación garantizará que la falla no se repita en el equipo estudiado o en uno similar. Se basa en que el origen de todos los problemas son las decisiones u omisiones del personal Staff o de la gerencia. Ej.: Falta de adiestramiento, incumplimiento prácticas/ procedimientos, MDC (manejo de cambio) no realizado o incompleto (falta de actualización de la información), entre otros.

EQUIPO NATURAL DE TRABAJO ENT: Es un equipo conformado por personas con diferentes funciones de la organización a la que pertenezca el proceso a evaluar, que requieren trabajar juntas, buscando un objetivo común.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

EVALUACIÓN DEL RIESGO: Es el proceso que utiliza los resultados del análisis de riesgo para tomar decisiones con relación al gerenciamiento del riesgo, a través de la comparación de los criterios previamente establecidos en la tolerancia del riesgo.

EVENTOS DE ALTO IMPACTO: Estos se refieren a eventos esporádicos o únicos que resultan en una pérdida de producción importante y/o altos costos de mantenimiento. Los eventos, donde el impacto sea mayor en SHA, tendrán un tratamiento siguiendo el procedimiento de Investigación de Accidentes e Incidentes de PDVSA. Estos eventos serán identificados por la gerencia.

FACILITADOR: Es el experto o grupo de expertos en la metodología ACR de cada localidad, responsable de implantar los programas de análisis. Por lo general será un Ingeniero de Confiabilidad que tendrá dentro de sus responsabilidades la de facilitar las sesiones de análisis.

FALLA: Una falla es una condición que puede interrumpir la continuidad o la secuencia ordenada de un proceso o de un sistema dinámico, alterando su desenvolvimiento.

FALLO FUNCIONAL: Se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

FALLA OCULTA: Es aquella que no es capaz de revelarse por sí misma a los usuarios del sistema en condiciones normales de operación.

GERENCIA DEL RIESGO: Es la formulación y la implantación de medidas y de procedimientos, técnicos y administrativos que tienen como finalidad prevenir, controlar o reducir los riesgos existentes en una instalación industrial, teniendo como objetivo, mantener esa instalación operando dentro de los requisitos de seguridad considerados tolerables.

HIPÓTESIS: Lista de posibles mecanismos de falla de cada modo de falla. Al ser verificada una Hipótesis, ésta se convierte en una causa.

IMPACTO ECONÓMICO: Representa el impacto financiero por incremento en costos de mantenimiento o pérdidas de producción. Se expresa en Bs./año.

LÍDER DE ACR: El líder del equipo es una persona con ascendencia/liderazgo sobre el equipo de trabajo de cada localidad, entrenado en el proceso de ACR. Los líderes guían a un equipo a través del proceso y ayudan a desarrollar en el sitio de trabajo una mentalidad de búsqueda de las verdaderas causas raíces de los problemas, como beneficio adicional de la aplicación del ACR. Normalmente el Líder será el jefe de Operaciones del área.

MALOS ACTORES: Se define como Mal Actor aquel equipo (individual) que tiene una frecuencia de fallas mayor a la común para esa familia de equipos. Normalmente se fija un período de tiempo para la frecuencia de fallas de cada familia (normalmente un año) y se jerarquizan aquellos con mayor número de fallas para ese período. La diferencia de la lista de Malos Actores con la de problemas recurrentes es que la primera se jerarquiza por número de fallas, mientras que la última se jerarquiza por los impactos asociados.

MÉTODO DEL ÁRBOL LÓGICO: Es una herramienta usada en el proceso del ACR para ordenar gráficamente el análisis de manera secuencial, desde el evento y a través de los diferentes modos de falla, encontrando la relación de causas y efectos hasta llegar a las causas raíces de dicho evento. Las verdaderas causas raíces son descubiertas permitiendo que las evidencias físicas conduzcan al equipo hasta encontrar los factores que intervinieron para que éstas se produjeran.

MODO DE FALLA/COMPONENTE FALLADO: Identifica la parte o componente particular que falló.

PELIGRO: Una o más condiciones físicas o químicas, con posibilidad de causar daños a las personas, a la propiedad, al ambiente o una combinación de todos.

PERFIL DEL EQUIPO DE ACR: El equipo típico de ACR está comprendido por un Líder de Equipo, un Facilitador, personal de Operaciones, ingeniero de Procesos, personal de Mantenimiento y personal experto en la materia en análisis. Los miembros del equipo deben ser

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

imparciales y necesitan estar enfocados en hallar la(s) causa(s) raíz(ces) latente(s) o asociadas a la organización. Se recomienda un equipo de 5 a 8 personas. Es importante anexar a este equipo personal que esté directamente relacionado con las fallas que se estén analizando. Entre éstas pueden citarse Operadores y Mantenedores.

PROBLEMAS RECURRENTES O CRÓNICOS: Son problemas repetitivos en el tiempo. Un problema se considera recurrente cuando se repite en una manera inusual para el tipo de equipo o proceso. Los problemas recurrentes son listados en una lista jerarquizada por su impacto, compuesto por la suma de los costos de mantenimiento y pérdidas de oportunidad.

RIESGO: Medida de la pérdida económica y/o de daños para la vida humana, resultante de la combinación entre la frecuencia de la ocurrencia y la magnitud de las pérdidas o daños (consecuencias).

$$R = f(f,c) \quad (1)$$

SISTEMAS: Toda unidad de proceso esta conformada por sistemas que trabajan conjuntamente para satisfacer un aspecto importante de la planta. Cada uno de los sistemas tiene un proceso específico (función) y debe estar delimitado claramente.

INTRODUCCIÓN.

Tradicionalmente la operación segura de las instalaciones está basada en el uso aislado de criterios, metodología y tecnologías aplicadas por los diferentes departamentos de una organización, entre las cuales está: el adiestramiento operacional, la inspección, el mantenimiento y el diagnóstico de las instalaciones.

Nuevas exigencias operacionales han obligado en los últimos años a experimentar cambios en la gestión de mantenimiento dirigidos a optimizar el proceso de toma de decisiones en las áreas relacionadas con la selección de propuestas técnicas y la definición de actividades de mantenimiento, a través de la adopción de la filosofía de confiabilidad operacional, que abarcaron el análisis de aspectos relacionados con las frecuencias, los costos y las consecuencias de las fallas.

El mantenimiento basado en confiabilidad fue desarrollado a finales de los años sesenta por la industria de la aviación como una manera de mejorar la confiabilidad y disminuir los costos asociados a las tareas de mantenimiento. En PDVSA esta filosofía se inicia a finales de 1996, con la asesoría del grupo consultor “The Woodhouse Partnership”, en las áreas de Refinación (Refinería Cardón) y posteriormente en Exploración y Producción Occidente (inicios de 1997) e Intevep (final de 1997).

La adopción de la filosofía de confiabilidad operacional cambia el rol del mantenimiento, *de disminuir las frecuencias de fallas, sin analizar las consecuencias que generan las mismas por un nuevo contexto: Preservar la función de los equipos aplicando estrategias efectivas de mantenimiento “costo/riesgo/beneficio”, que ayuden a minimizar los riesgos asociados a las consecuencias que generan los distintos modos de fallas.*

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Bajo este enfoque se plantea en este trabajo evaluar las técnicas de confiabilidad operacional que analizan las potenciales fallas y sus modos de falla para determinar la inclusión de técnicas de análisis de riesgo con el objetivo de mejorar la cuantificación de las consecuencias por una determinada falla en un equipo, sistema y/o instalación, lo cuál puede soportar los planes óptimos de mantenimiento de un equipo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

ANTECEDENTES:

En PDVSA, el análisis de la operación segura de las instalaciones, sistemas y equipos de procesos y operaciones riesgosas se basan en el uso de criterios, metodologías y tecnologías, dentro de las cuales podemos citar:

- El adiestramiento al personal.
- Preparación para emergencias.
- Motivación y promoción de la seguridad.
- La inspección y diagnóstico de las instalaciones.
- Implementación de los resguardos y dispositivos de seguridad en las instalaciones.
- Desarrollo de políticas de mantenimiento preventivo y predictivo a los sistemas y equipos.
- Implementación de la protección personal.
- Señalización, orden y limpieza dentro de las instalaciones.
- Establecimiento y uso de normas y reglamentos.
- Mejoras de los métodos y procedimientos existentes.

Estos criterios, metodologías y tecnologías se emplean con el fin de aumentar la seguridad dentro y fuera de las instalaciones; sin embargo, los nuevos enfoques para evaluar la seguridad, la higiene y el ambiente, establecen que unificando los esfuerzos humanos y recursos técnicos de todos los medios operativos, se incrementará la seguridad y se garantizará la continuidad en las operaciones. De igual manera, todos los medios y recursos que son utilizados por la empresa, repercuten en beneficios para la sociedad y el ambiente.

Un caso particular para unificar los esfuerzos entre las diferentes gerencias dentro de PDVSA en el área de Occidente, lo constituye, la unión de los esfuerzos y recursos de las organización de Seguridad, Higiene y Ambiente y la organización de Ingeniería de Confiabilidad, debido a que la primera centra sus objetivos en la administración de la seguridad, la higiene y el ambiente a través de la identificación, evaluación, cuantificación y administración de los riesgos

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

presentes en el lugar de trabajo con efectos sobre las personas y el ambiente, y la segunda porque promueve la implementación y uso de técnicas de Confiabilidad Operacional, que analiza las fallas potenciales y los modos de falla en los sistemas para determinar el beneficio de la aplicación o no de las tareas de mantenimiento o rediseño de los elementos del sistema para maximizar la confiabilidad de las operaciones; lo cual permite optimar los procesos de producción y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, que traen consigo las fallas de los equipos bajo un contexto operacional específico.

Para lograr que la aplicación de nuevas técnicas operacionales y de mantenimiento en las instalaciones tengan éxito, se requiere realizar análisis detallados de las mismas, por lo que cada componente (equipo o sistema) dentro de la instalación, a medida que es investigado debe ser evaluado con la posibilidad de que pueda contribuir a un evento no deseado, e identificar las posibles consecuencias que pudieran derivarse de dicho evento. Adicionalmente, deben realizarse análisis de riesgos para las personas, con el fin de identificar, evaluar y establecer medidas que permitan eliminar, tolerar, transferir y mitigar los riesgos presentes en la instalación. En tal sentido, resulta beneficioso aprovechar los aportes de los análisis de confiabilidad y los análisis de riesgos, para responder las siguientes preguntas:

- ¿Cómo puede cada componente del sistema ocasionar daños o lesiones?
- ¿Cómo puede presentarse el daño ó lesión?
- ¿Puede ser evitado cualquier acontecimiento peligroso? ¿En que forma? En caso contrario, ¿cuáles serían las consecuencias?
- ¿Pueden ser controlados todos los eventos peligrosos? ¿Hasta qué grado? ¿Cuáles son las consecuencias potenciales de un riesgo limitado? ¿Son aceptables? ¿Son tolerables?

En general, para obtener una mejor cuantificación del impacto en seguridad y ambiente en las metodologías de confiabilidad operacional, se requiere de la estandarización de los criterios de seguridad a través de la aplicación de las técnicas de análisis de riesgo, con el propósito de suministrar información confiable durante el análisis racional de las situaciones críticas (amenaza, daño o lesión al personal y/o instalaciones) que se presentan por un determinado modo de falla de un equipo, además las recomendaciones resultantes de cada aplicación, deben estar soportadas

en un análisis costo beneficio riesgo, donde se pondera las ventajas y desventajas de tomar una cierta acción para controlar los riesgos inherentes hasta un nivel aceptable que soporten la toma de decisiones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Actualmente, para decidir cual de las técnicas de confiabilidad operacional se aplicará en una instalación, se realiza un análisis de criticidad; esta evaluación semi-cuantitativa permite jerarquizar las instalaciones, equipos o sistemas, asignando un nivel alto, medio o bajo de criticidad. El análisis de criticidad se realiza basándose en la aplicación de encuestas y evalúa el impacto en la seguridad y ambiente con las respuestas del personal encuestado.

En este sentido, para mejorar la cuantificación y estimación del impacto en seguridad y ambiente, se requiere realizar una modificación de los criterios utilizados actualmente en Confiabilidad Operacional, y evaluar estos impactos en función de las posibles consecuencias que pudiera generar una determinada falla en un equipo y/o instalación.

Adicionalmente se deben evaluar los procedimientos utilizados para la aplicación de otras técnicas de confiabilidad operacional con el fin de identificar en cuales etapas de cada metodología, pueden incluirse las técnicas y criterios de análisis de riesgo, que permitan unificar esfuerzos por parte de las dos gerencias y mejorar los procedimientos de confiabilidad operacional en la estimación y cuantificación del riesgo.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO:

Desarrollar una Metodología que integre las técnicas de análisis de riesgo dentro de las técnicas de confiabilidad operacional para mejorar la evaluación del impacto en seguridad y ambiente en la optimización Costo – Beneficio – Riesgo de los planes óptimos de mantenimiento y ejecutar una aplicación en una Estación de Flujo ubicada en el Lago de Maracaibo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Modificar, en el análisis de criticidad, la evaluación del impacto en seguridad y ambiente, en función de las posibles consecuencias que pudieran obtenerse por una determinada falla en un equipo y/o instalación.
2. Evaluar las herramientas de confiabilidad operacional con el fin de determinar cuales técnicas y criterios de análisis de riesgos pueden ser incluidos en estas metodologías.
3. Desarrollar una metodología que integre las técnicas de Confiabilidad Operacional con las de Análisis de Riesgos que permita mejorar la cuantificación del impacto en seguridad y ambiente para la optimización Costo-Beneficio-Riesgo de los planes óptimos de mantenimiento.
4. Aplicar el análisis de criticidad en la jerarquización de las instalaciones de la Unidad de Explotación Tía Juana Lago para comparar los resultados actuales con los nuevos criterios recomendados.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

1.1.- GENERALIDADES DE ANÁLISIS DE RIESGOS [1, 2, 3]

En la actualidad los aspectos de seguridad, higiene y ambiente en la industria petrolera son abordados como un punto más del trabajo, de manera integral, a través de las diferentes etapas del diseño, construcción y arranque de la instalación; continuando en la etapa operativa, incluyendo mantenimiento, desmantelamiento y la clausura de la instalación. [1]

En este sentido, los estudios de análisis de riesgos y los programas de gerencia de riesgos se han convertido en herramientas de gran importancia para la prevención de accidentes industriales, que pudieran afectar al personal y el ambiente. Esto conlleva a la industria petrolera a invertir en el estudio y conocimiento detallado de las posibles fallas, que pueden generar un accidente. De esta forma, implantará las medidas que permitan reducir el riesgo, y elaborará planes de emergencia para la respuesta en caso de ocurrir el accidente. [2]

El desarrollo de un estudio de análisis de riesgos está dirigido a la elaboración de una estimación (cualitativa o cuantitativa) del riesgo, basada en la ingeniería de evaluación y en técnicas estructuradas para promover la combinación de las frecuencias y consecuencias de un accidente. De forma general, un estudio de análisis de riesgo puede ser dividido en las siguientes etapas:

1.1.1.- Caracterización de la instalación y su área de influencia.

En esta etapa se debe recopilar toda la información relacionada con:

a) La caracterización de la empresa y de la región: lo cual tiene como finalidad: identificar aspectos comunes que puedan interferir en la instalación o en el ambiente; el enfoque operacional y de seguridad; establecer una relación directa entre la empresa y la región de influencia. Así, en

esta etapa inicial del trabajo se debe contemplar los aspectos de: realización de un inventario fisiográfico del área de influencia; caracterización de las actividades y de los aspectos operacionales.

a.1) Aspectos fisiográficos: Ubicación de la empresa, planta planialtimétrica de los alrededores de la empresa, cuerpos de agua, áreas costeras, áreas residenciales, sistemas viales, cruces y/o interferencias.

a.2) Características meteorológicas: Temperatura, índices pluviométricos, humedad relativa del aire, velocidad y dirección de los vientos.

a.3) Características de las instalaciones: Plano general de la instalación, disposición física (layout), especificaciones de los equipos, descripción de las operaciones y de los procedimientos de seguridad, identificación y caracterización de las fuentes de ignición, sustancias involucradas: inventarios, formas de manipulación y de movilización, condiciones de almacenamiento, características fisicoquímicas, características toxicológicas, flujogramas de ingeniería y de proceso, instrumentos y datos operacionales (presión, caudal, sistemas de seguridad).

1.1.2.- Identificación de Peligros.

Es la identificación de fuentes de accidentes significativos y las formas en que podrían ocurrir, inherentes al proceso y/o instalación.(3)

Por tanto, deben emplearse técnicas específicas para la identificación de los peligros, entre las cuales es importante mencionar:

- Listas de verificación (checklists)
- Análisis ¿ Qué pasaría si ? (What if...?)
- Análisis Preliminar de Peligros (APP)
- Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA)
- Estudio de Peligros y Operabilidad (HazOp - Hazard and Operability Study).
- Evaluaciones Técnicas de Seguridad Industrial.

Licencia Creative Commons:

- Análisis de Arbol de Fallas

Tabla 1.1 Técnicas para la Identificación de Peligros y sus Principales Aplicaciones

APLICACIÓN	CHECKLIST	WHAT IF..	APP	AMFE	HAZOP	EVAL. TEC.	ARBOL DE FALLAS
Identificación de desvíos con relación a las buenas prácticas							
Identificación de peligros genéricos							
Identificación de las causas básicas (eventos iniciales)							
Propuesta de medidas para mitigar los riesgos							

Fuente: Curso de Autoaprendizaje en Prevención, preparación para desastres por productos químicos

1.1.3.- Estimación de las Frecuencias.

Para elaborar los estudios de análisis de riesgos, se requiere la estimación cuantitativa de la frecuencia de ocurrencia de los accidentes, las fallas de los equipos relacionados con las instalaciones y las actividades del análisis. En esta fase se intenta estimar si es probable que ocurra el evento no deseado cada diez años, cada millón de años, ó durante cualquier período.

Para el cálculo de las frecuencias de los escenarios de accidentes, se pueden utilizar, entre otras, las siguientes técnicas:

- Análisis histórico de los accidentes, a través de la investigación bibliográfica o en los bancos de datos de accidentes.
- Análisis del árbol de fallas (AAF);
- Análisis de árboles de eventos (AAE).

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En determinados estudios, los factores externos de la empresa pueden contribuir al riesgo de una instalación. En esos casos, se debe considerar también la probabilidad o frecuencia de que ocurran eventos no deseables causados por terceros o por agentes externos al sistema en estudio, como terremotos, inundaciones, deslizamientos de suelos, caída de aviones, entre otros.

Un factor que se debe considerar en el análisis es el error humano durante la realización de una determinada operación; sobre todo, los errores de mantenimiento, debido a los cuales ocurren casi el 60 a 80% de los accidentes mayores que involucran al error humano (AICHE, 1989).

1.1.4.- Estimación de las Consecuencias.

Es la estimación cuantitativa de las consecuencias potenciales del accidente, conocida como la etapa del análisis de consecuencias. Tomando como base los riesgos identificados en las etapas anteriores, cada uno de éstos deben ser estudiados en cuanto a sus posibles consecuencias y la probabilidad de que las personas ubicadas en diferentes ambientes, a diferentes distancias del sitio del evento no deseado, pueden resultar seriamente lesionadas o muertas.

Se deberán utilizar modelos de cálculos que representen los posibles efectos resultantes de los tipos de accidentes como:

- Radiaciones térmicas de incendios
- Sobrepresiones causadas por explosiones
- Concentraciones tóxicas resultantes de emisiones de gases y vapores.

1.1.5.- Estimación del Riesgo.

La estimación de riesgos se realiza a través de la combinación de las frecuencias de ocurrencia de accidentes y sus respectivas consecuencias. Se puede expresar el riesgo de diferentes formas, de acuerdo con el objetivo del estudio en cuestión. Generalmente, se expresan en función de:

- Índices de riesgo.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Riesgo social.
- Riesgo individual.

Los riesgos normalmente se expresan en términos de probabilidad de lesiones graves o de muerte a la fuerza laboral, y a la población adyacente; también, se puede expresar en términos de parámetros, tales como pérdida financiera, daños a las instalaciones o sanciones.

1.1.6.- Evaluación del Riesgo.

En esta última etapa se deberán comparar los riesgos estimados con un criterio de tolerancia previamente establecido, a fin de definir las medidas y procedimientos a ser puestos en práctica para eliminarlo o mitigarlo.

La figura 1.1 representa los resultados de las etapas que componen un estudio de análisis de riesgo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

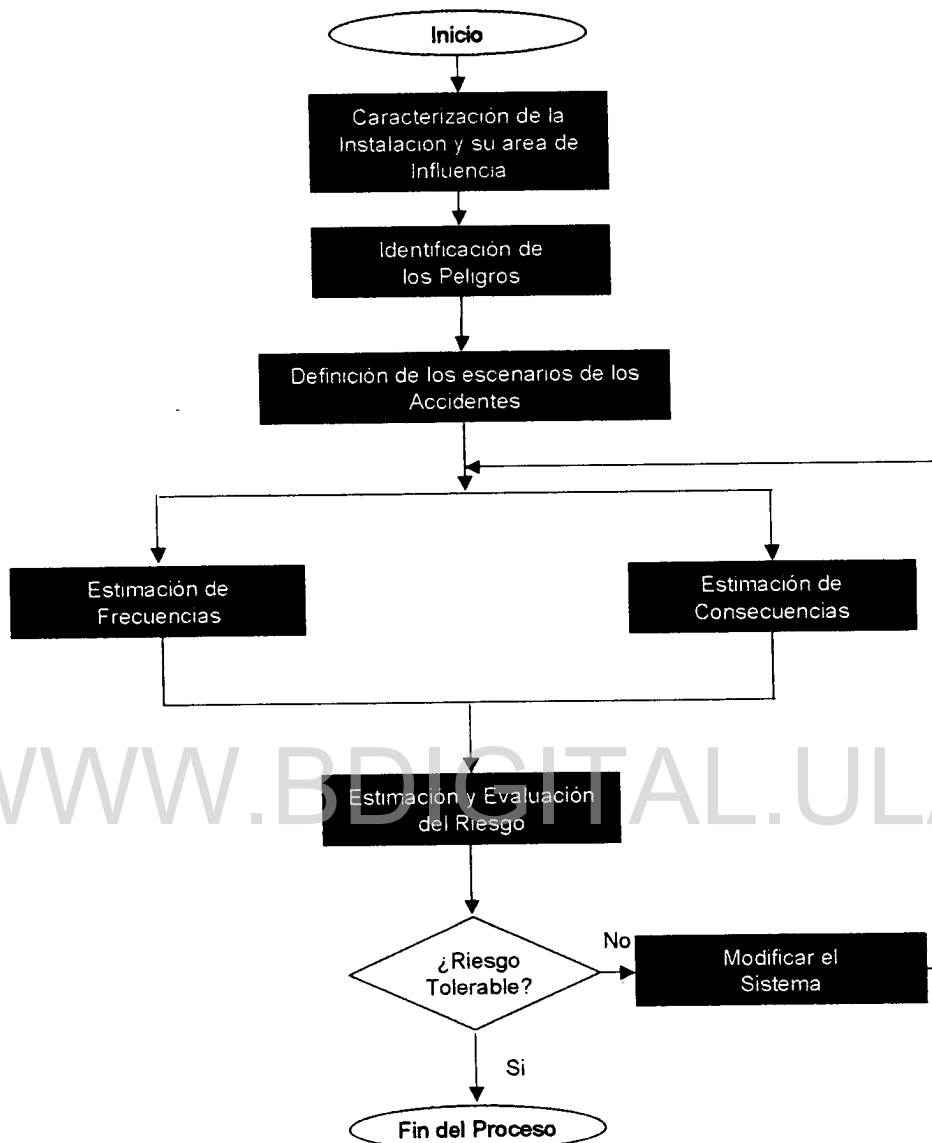


Fig. 1.1 Etapas de Estudio de un Análisis de Riesgo

1.2.- MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS [3, 4, 5]

1.2.1.- MÉTODOS CUALITATIVOS

a) LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECKLIST)

Las listas de verificación tienen como objetivo identificar riesgos, asegurar el cumplimiento de los estándares de diseño y de las regulaciones de seguridad. Estas listas son elaboradas por un grupo de expertos familiarizados con el funcionamiento de las instalaciones y con conocimientos en los procedimientos, normas y reglamentos de seguridad.[4]

b) ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS (APP)

El Análisis Preliminar de Peligros (APP) es un método cualitativo, que tiene su mayor utilidad en las etapas iniciales del diseño de una instalación. Su uso permite detectar los peligros potenciales de los materiales, equipos y tecnologías, además de proveer a los diseñadores con, lineamientos adecuados en las subsecuentes etapas del diseño. [3]

La aplicación del método requiere la existencia de información de diseño referente a:

- Filosofía de diseño.
- Diagrama preliminar de flujo de proceso.
- Información histórica de accidentes en instalaciones similares.
- Descripción de proceso que incluye inventarios de materiales peligrosos con sus características y condiciones de operación.

El análisis Preliminar de Peligros concentra sus esfuerzos en los materiales peligrosos y en los componentes mayores de equipos de proceso y permite visualizar aquellos eventos que involucren liberación incontrolada de energía y/o productos tóxicos. El APP no está considerado como uno de los enfoques más sistemáticos en la identificación de peligros; sin embargo, sirve muy bien al propósito de definir eventos conducentes a escenarios de riesgos mayores. El

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

método debe ser desarrollado por un equipo multidisciplinario, el cual determina los peligros, causas, frecuencias y consecuencias en una forma cualitativa.

c) ¿QUÉ PASARÍA SÍ? (WHAT IF ?)

Esta técnica tiene como objetivo identificar y analizar cualitativamente las desviaciones respecto al comportamiento normal del proceso, que pudiesen dar lugar a eventos indeseables.

El método incluye un examen de las posibles desviaciones a la intención de diseño, construcción, modificación y operación. Para ello se usan preguntas que comienzan por "¿qué pasaría si ...?"; con estas preguntas se evalúan: edificios, sistemas eléctricos, materiales, almacenamiento, protección contra incendio, sistema de salvaguarda del proceso, unidades de proceso, etc..

d) HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY STUDY)

Método usado para evaluar sistemáticamente cada línea y equipo del proceso, con el propósito de identificar los peligros derivados de posibles desviaciones operacionales y sus potenciales consecuencias.

Un estudio de peligros y operabilidad ("Hazop") identifica los peligros, riesgos y los problemas de operabilidad. El concepto implica investigar como la instalación podría desviarse del concepto original de diseño en variables tales como presión, flujo y temperatura entre otras.

e) ANÁLISIS DEL ERROR HUMANO

Es una evaluación sistemática de todos los factores que influyen en las actuaciones de los trabajadores de la instalación; por lo tanto, corresponde a un análisis minucioso de las tareas realizadas. Este método consiste en describir las características del entorno requerido para realizar las tareas adecuadamente e identificar las situaciones de error (probabilidad) que pueden desencadenar un accidente.

El resultado, es un listado cualitativo de posibles sucesos no deseados originados por el fallo humano y que genera una serie de recomendaciones para el comportamiento del trabajador como: procedimientos de trabajo, condiciones de higiene ambiental, adiestramiento del trabajador, entre otros, para mejorar la capacidad de actuación del operador. [4]

h) EVALUACIÓN AMBIENTAL PRELIMINAR

La evaluación ambiental preliminar es una técnica que permite, en la fase de ingeniería conceptual de un proyecto, identificar la posible afectación al ambiente que causaría su ejecución.; así como las respectivas medidas para evitarla o mitigarla.

Para realizar esta evaluación se requiere conocer:

- Opciones tecnológicas para el desarrollo del proyecto, con sus procesos, insumos y demanda de servicios.
- Opciones de localización (cuando sea posible más de una) y características generales de las áreas de influencia de cada una de ellas; en particular, lo relativo al tipo de vegetación, tipo de suelos, pendientes promedio, presencia de cuerpos de agua y asentamientos humanos más cercanos a ser afectados. Para facilitar la obtención de esta información es conveniente recurrir a los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.), los cuales permiten manejar e integrar numerosas variables ambientales.

Para cada una de las opciones tecnológicas se estiman los desechos que serían generados, cualquier otro tipo de degradación ambiental importante que pueda ocasionarse, y las acciones y/o instalaciones necesarias para prevenir o minimizar los daños.

De esta forma, se puede determinar si es factible desarrollar la actividad propuesta, cumpliendo con las disposiciones de la legislación ambiental. Además, a partir de esta evaluación se obtiene la mejor opción tecnológica y de ubicación para el proyecto, desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1.257 “Normas sobre evaluación

ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente”, el contenido del Cuestionario Básico Ambiental se establecerá mediante resolución. [5]

1.2.2.- MÉTODOS CUANTITATIVOS

a) ÁRBOL DE FALLAS

Es un método utilizado para analizar una porción del proceso y determinar la combinación de fallas en equipos, componentes (sistema de control, protección o alarmas) y/o errores operacionales que pudieran conducir a la ocurrencia de un evento no deseado previamente identificado; en función de sus principios cuantitativos, ofrece las siguientes ventajas: [5]

a.1) Puede ser utilizado para establecer la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de un accidente en base a la probabilidad de error humano o fallas en los sistemas y equipos del proceso.

a.2) Permite estimar, en términos cuantitativos, la exposición del personal a lesiones y pérdidas materiales por daños a instalaciones a causa de un peligro.

a.3) Facilita el cálculo de los beneficios económicos derivados de cada alternativa de control de riesgos.

b) ÁRBOL DE EVENTOS

Es un modelo binario, gráfico y lógico que identifica los posibles escenarios que siguen a un evento iniciador. El Arbol de Eventos proporciona cobertura sistemática de la secuencia de propagación del accidente, bien a través de una serie de acciones de sistemas de protección, funciones normales de la planta o intervenciones del operador.

La principal desventaja de este enfoque, está determinada por el hecho de que los mismos escenarios pudieran surgir de otros eventos iniciadores, los cuales pudieran no estar incluidos en el árbol, si el análisis no fue exhaustivo.

El árbol de eventos puede ser usado en la fase de diseño para evaluar accidentes potenciales que resulten de eventos iniciadores. Así mismo, este método podrá ser utilizado en la fase de operación de una instalación, a fin de evaluar la compatibilidad de los sistemas de seguridad existentes ó para examinar las consecuencias potenciales de fallas de equipos. Los resultados obtenidos pueden ser cualitativos o cuantitativos, siempre y cuando se cuente con una base de datos adecuada. [5]

1.2.3. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS

El Análisis Cuantitativo de Riesgos consiste en una evaluación sistemática de una instalación industrial propuesta o existente, con el fin de identificar todo evento potencialmente peligroso y estimar los daños al personal, instalaciones, terceros y el ambiente, como consecuencias de fugas de sustancias tóxicas e inflamables; y así poder cuantificar el nivel de riesgo implícito mediante la estimación de la frecuencia de ocurrencia y de la magnitud de sus consecuencias.

El nivel de riesgo obtenido en un análisis cuantitativo de riesgos, se compara con los criterios de tolerancia para el riesgo individual y social, los cuales fijan los límites hasta el cual se debe disminuir un riesgo, a través de medidas de ingeniería, las cuales permiten reducir la frecuencia de ocurrencia y las consecuencias y los límites a partir de los cuales se debe invertir en la elaboración de planes de emergencias y contingencias tendentes a reducir las consecuencias de tales riesgos.

Tabla 1.2. Criterios PDVSA para Tolerancia de Riesgo Individual

FRECUENCIA	TOLERABILIDAD
$F > 10^{-3}/\text{año}$	Intolerable: El riesgo debe ser reducido a cualquier costo.
$10^{-6}/\text{año} < F \leq 10^{-3}/\text{año}$	Deseable: Reducción adicional del riesgo basado en análisis costo beneficio. Representa la región de riesgo reducible.
$F \leq 10^{-6}/\text{año}$	Tolerable o mínimo: Reducción del riesgo si los recursos lo permiten. Aún aplica concepto de costo beneficio.

Fuente: Guía PDVSA IR-S-02 Criterios para el Análisis Cuantitativo de Riesgos

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

La figura 1.2, representa los criterios de tolerancia para el riesgo social adoptados por PDVSA.

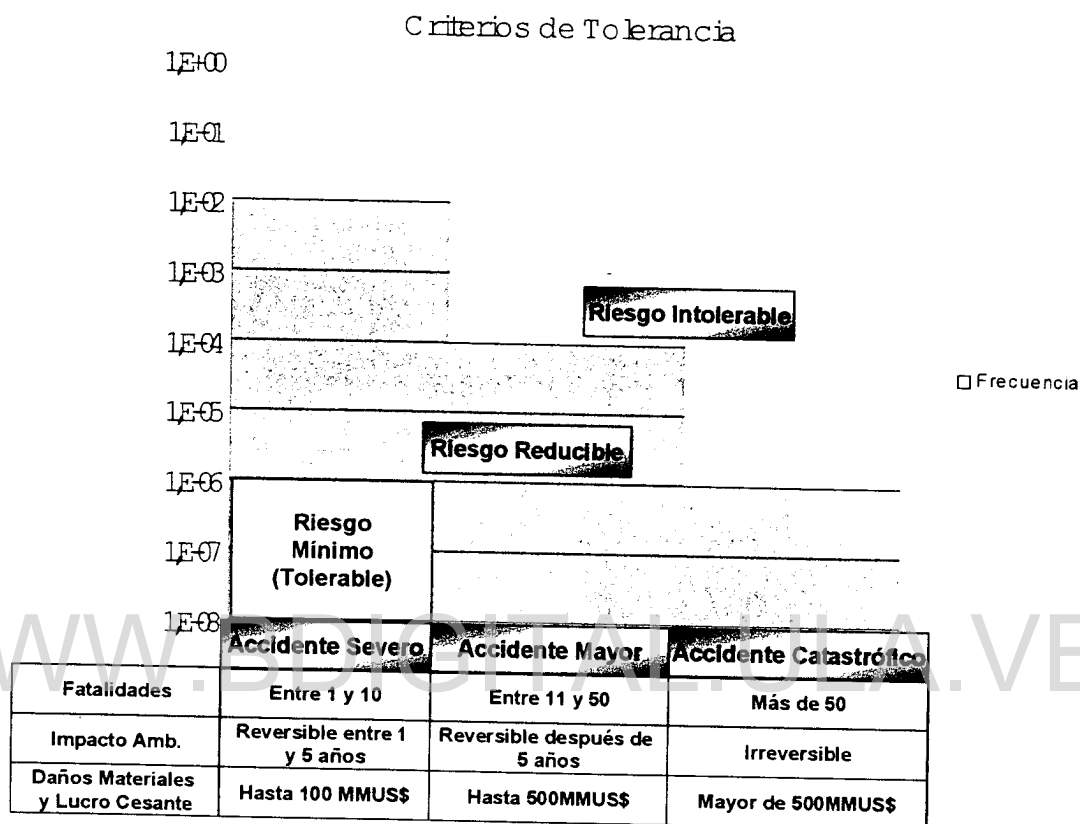


Fig. 1.2 Criterio PDVSA de Tolerancia de Riesgo Social

Fuente: Guía PDVSA IR-S-02 Criterios para el Análisis Cuantitativo de Riesgos

1.2.4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

En el Decreto 1.257 “Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente”, se establece que el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es una de las metodologías a ser utilizadas, para incorporar la variable ambiental al proceso de toma de decisiones en la formulación de políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo y se define como, “el estudio orientado a predecir y evaluar los efectos del desarrollo de una actividad sobre los componentes del ambiente natural y social, y proponer las correspondientes medidas

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

preventivas, mitigantes y correctivas, a los fines de verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales contenidas en la normativa legal vigente en el país y determina los parámetros ambientales que conforme a la misma deban establecerse para cada programa o proyecto”.

1.3.- GENERALIDADES DEL MEJORAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL [6]

En los últimos años, la gestión del mantenimiento dentro de la industria petrolera, ha experimentado una serie de transformaciones a nivel: tecnológico, organizacional, económico y humano. Estos cambios que son consecuencia de la productividad y competitividad del negocio petrolero, traen consigo una serie de desafíos dirigidos a obtener la máxima confiabilidad de las instalaciones al menor costo posible.

En este sentido, la gestión de mantenimiento esta orientada a la aplicación de un nuevo esquema de trabajo denominado Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO), este esquema comprende la conformación de Equipos Naturales de Trabajo (ENT), encargados de generar la información requerida para realizar los análisis necesarios, que permitan determinar la capacidad de una instalación o sistema (procesos, tecnología y personas), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional establecido.

El enfoque del mejoramiento de la Confiabilidad Operacional engrana una serie de metodologías basadas en elementos técnicos, de negocios y filosóficos en una estrategia global, cuyo objetivo es optimizar los planes de mantenimiento.

La Confiabilidad Operacional implica la combinación de cuatro aspectos fundamentales: Confiabilidad Humana, Confiabilidad de los Procesos, Confiabilidad de los Equipos y Mantenibilidad de los Equipos. La variación en conjunto o individual que pueda sufrir cada uno de los cuatro parámetros presentados en la figura 1.3, afectará el comportamiento global de la Confiabilidad de un determinado sistema.

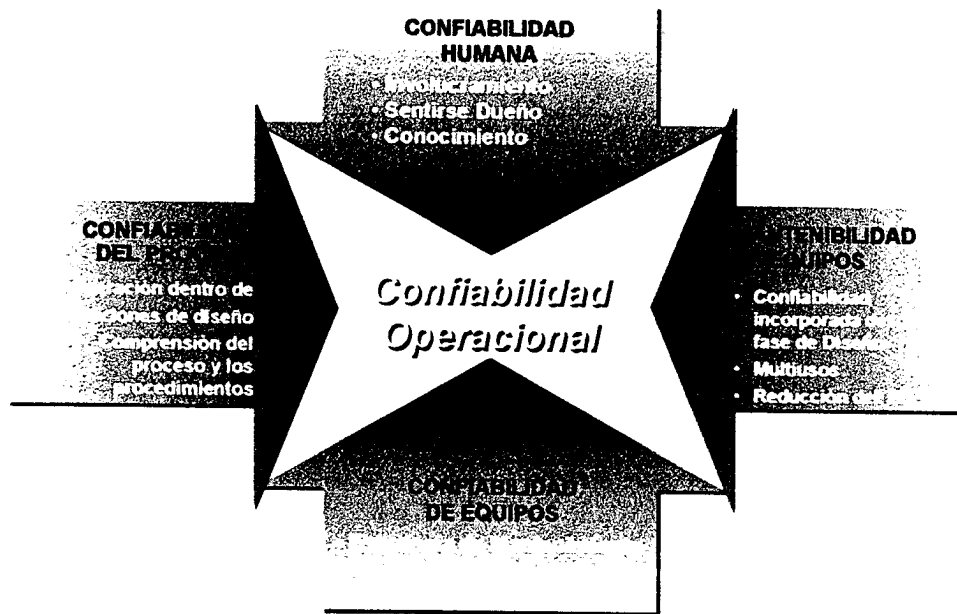


Fig. 1.3 Aspectos Fundamentales de la Confiabilidad Operacional.

Fuente: PDVSA – Cied, Curso de Introducción a la Confiabilidad Operacional

El Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional aplica sustancialmente cuando se requiere:

- La elaboración/revisión de los planes de mantenimiento e inspección en equipos estáticos y dinámicos.
- Establecer alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas.
- Dar solución a problemas recurrentes en equipos e instalaciones que afectan los costos y la confiabilidad de las operaciones.
- Determinar las tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, instalaciones, equipos y ambiente.
- Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

1.3.1.- METODOLOGÍAS O HERRAMIENTAS DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL [6, 7, 8]

La aplicación de las técnicas de confiabilidad operacional en la gestión de mantenimiento tiene por objetivo optimizar los planes de mantenimiento e identificar las causas raíz de los problemas, la probabilidad de ocurrencia de los mismos y las consecuencias que estos problemas puedan tener tanto operacionales como de seguridad. En general, se tiene un conocimiento del riesgo asociado a cada decisión y se acepta el mismo o se busca mejorar con la acción de mantenimiento propuesta. A continuación se presentan algunas de las técnicas de confiabilidad aplicadas para la evaluación y/o análisis de los sistemas, procesos o instalaciones:

- Análisis de Criticidad.
- Análisis Causa Raíz.
- Detección de Oportunidades Perdidas.
- Inspección Basada en Riesgos.
- Optimización Costo Riesgo.
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

a) ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es una técnica semicuantitativa de cuantificación del riesgo, sustentada primordialmente en la “opinión de expertos” que permite jerarquizar activos (componentes, equipos, sistemas o procesos), en base a un indicador llamado “criticidad” que es proporcional al riesgo.

Por su carácter semicuantitativo, la técnica establece una jerarquización, no califica la tolerancia del riesgo; los valores obtenidos para cada sistema o instalación son tabulados como de alta, media o baja criticidad. Esta calificación es determinada por el equipo natural de trabajo para el grupo particular de sistemas o instalaciones que se está evaluando, no es extrapolable a otros activos.

El análisis esta basado en la evaluación de parámetros o indicadores como: el tiempo promedio por reparar (TPPR), el costo de reparación, el impacto de seguridad, el impacto ambiental, mediante puntuación asignada de acuerdo a criterios preestablecidos, que sólo son capaces de identificar las personas que están involucradas en los diferentes procesos asociados a los sistemas de estudio, esto permite jerarquizar los sistemas en orden de prioridad, en alta, media o baja criticidad.

El producto que se obtiene de la aplicación de esta técnica es una lista jerarquizada de sistemas, procesos o instalaciones; esta técnica es utilizada como primer filtro para direccionar los esfuerzos y permite seleccionar cual será la técnica de confiabilidad apropiada para profundizar el análisis. (figura 1.4)

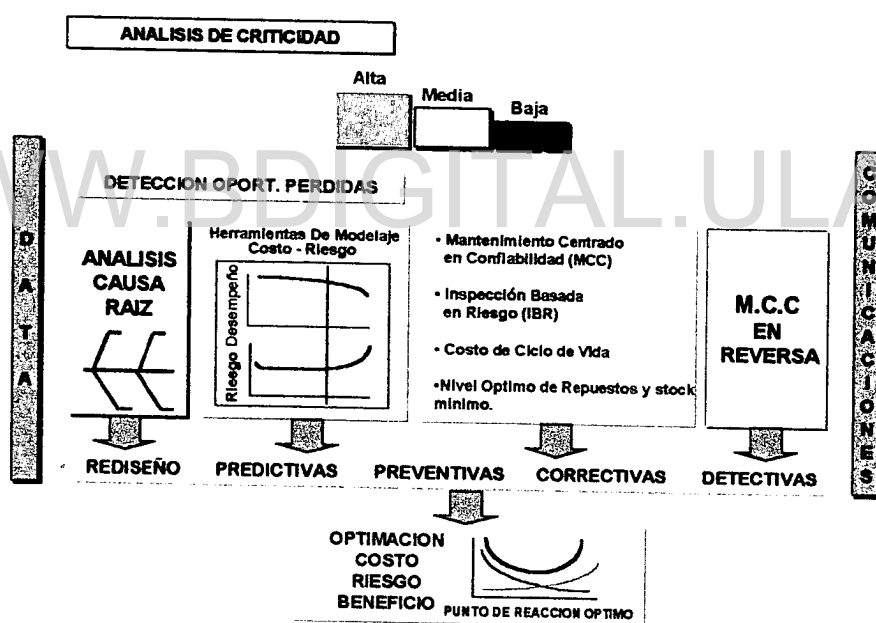


Figura 1.4. Metodologías de MCO Recomendadas en Función del Nivel de Criticidad.

El sistema de encuesta es una de las maneras utilizadas para recolectar la información necesaria para realizar el análisis de criticidad. La encuesta es aplicada a los operadores y técnicos de la instalación, agrupados por cuadrillas de trabajo. Se evalúa la criticidad de cada sistema en función de la probabilidad de ocurrencia y de las consecuencias de una falla en el mismo.

Los criterios o parámetros utilizados para realizar el cálculo de los valores de criticidad de los sistemas a estudiar son los siguientes:

- **Frecuencia de Fallas:** representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un período de un año.
- **Nivel de Producción:** representa la producción aproximada por día de la instalación y sirve para valorar el grado de importancia de la instalación a nivel económico.
- **Tiempo Promedio Para Reparar:** es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente. El TPPR, mide la efectividad que se tiene para restituir la unidad o unidades del sistema en estudio a condiciones óptimas de operabilidad.
- **Impacto en Producción:** representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de una falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.
- **Costo de Reparación:** se refiere al costo promedio por falla, requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye la labor, materiales y transporte.
- **Impacto en la Seguridad:** representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.

- **Impacto Ambiental:** representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental.

Para obtener los parámetros anteriormente mencionados, se aplica la encuesta al equipo natural de trabajo, luego se realiza la ponderación de cada uno de estos parámetros en la tabla guía de criticidad (tabla 1.3), para luego sustituir el valor ponderado de los mismos en la ecuación de criticidad, mostrada a continuación:

$$\text{Criticidad} = \text{Frec. de Falla} * \{(\text{Nivel de Prod.} * \text{TPPR} * \text{Imp. en Prod.}) + \text{Costo Rep.} + \text{Imp. Amb.} + \text{Imp. Seguridad}\}$$

Los valores obtenidos permitirán obtener los valores de criticidad para los sistemas o instalaciones y poder clasificarlos de acuerdo a su criticidad en alta, media, o baja criticidad, lo que permitirá seleccionar la posible metodología de Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional a aplicar.

Tabla 1.3 Guía de Criticidad

GUIA DE CRITICIDAD			
1.- FRECUENCIA DE FALLA (todo tipo de falla)			Puntaje
.. No mas 1 por año			1
.. Entre 2 y 12 por año			3
.. Entre 13 y 52 por año			4
.. Mas de 52 por año (Mas de 1 interrupción semanal)			6
2.- IMPACTO OPERACIONAL ASOCIADO:			
2.1.- NIVEL DE PRODUCCION (de la instalación)			Puntaje
CRUDO	GAS	GABARRAS/OTROS	
0 - 100 bbl/día	0 - 0.2 MMPCN/día	Menos de 10 MMBs	1
101 - 1000 bbl/día	0.2 - 20 MMPCN/ día	11 - 23 MMBs	2
1001 - 5000 bbl/ día	20 - 100 MMPCN/ día	23 - 40 MMBs	4
5001 - 10000 bbl/día	100 - 200 MMPCN/ día	40 - 60 MMBs	6
10001-20000 bbl/día	200 - 400 MMPCN/ día	60 - 80 MMBs	9
Mas de 20000 bbl/día	Mas de 400 MMPCN/día	80 - 100 MMBs	12
2.2.- TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR)			Puntaje
Menos de 4 horas			1
Entre 4 y 8 horas			2
Entre 9 y 24 horas			4
Mas de 24 horas			6
2.3.- IMPACTO EN PRODUCCION (por falla)			Puntaje
No afecta Producción			0.05
25% de Impacto			0.30
50% de Impacto			0.50
75% de Impacto			0.80
La impacta Totalmente			1
2.4.- COSTO DE REPARACION			Puntaje
Menos de 25 MMBs			3
Entre 25 - 50 MMBs			5
Entre 51 - 100 MMBs			10
Mas de 100 MMBs			25
2.5.- IMPACTO EN LA SEGURIDAD PERSONAL (cualquier tipo de daños, heridas, fatalidad)			Puntaje
SI			35
NO			0
2.6.- IMPACTO AMBIENTAL (Daños a terceros, fuera de la instalación)			Puntaje
SI			30
NO			0

Fuente: Manual de Introducción a la Confiabilidad Operacional, CIED, Tamare.

Licencia Creative Commons:

 Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
 Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

b) ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (ACR)

Es una metodología de MCO utilizada para identificar las causas que originan las fallas o problemas, las cuales al ser corregidas evitarán la ocurrencia de los mismos. Esta metodología agrupa un conjunto de técnicas que permiten identificar las causas primarias de los problemas, y buscar la razón por la cual un componente o elemento, equipo, sistema o instalación no funciona satisfactoriamente.

El análisis causa raíz resiste cualquier análisis cuantitativo o lógico, porque se basa en hechos medibles y cuantificables, no suposiciones o conjeturas y las causas reales han sido identificadas mediante razonamientos ordenados y racionales (figura 1.5).

El Análisis Causa Raíz es necesario realizarlo cuando se requiere:

- Análisis de fallas repetitivas de equipos o procesos críticos.
- Análisis de errores humanos, en el proceso de diseño y aplicación de procedimientos y de supervisión.
- Análisis de diferencias organizacionales y programáticas.

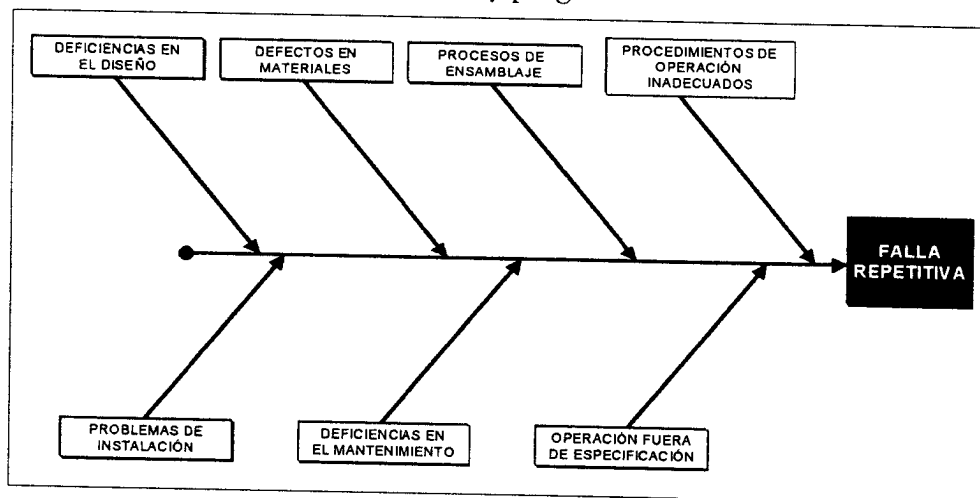


Figura 1.5. Esquema “Espina de Pescado”, empleado en el Análisis Causa Raíz.

Fuente: Sección MCO Planificación de Mantenimiento – PDVSA

c) DETECCIÓN DE OPORTUNIDADES PERDIDAS

Una oportunidad pérdida es simplemente un problema existente que no ha sido resuelto. Estos problemas pueden resolverse a corto y mediano plazo, permitiendo aumentos considerables de producción a cambio de la resolución de problemas que no deberían esperar por soluciones a largo plazo.

La finalidad es localizar fallas respectivas de bajo impacto, que en su totalidad producen un mayor impacto en el proceso que si ocurriese una falla de mayor magnitud (figura 1.6).

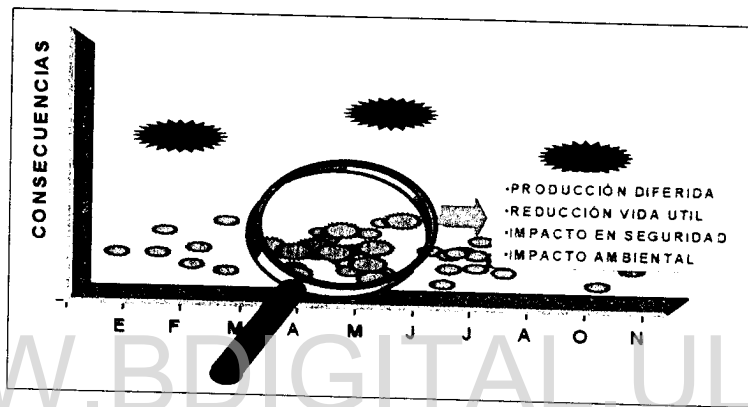


Figura 1.6. Representación Gráfica - Detección de Oportunidades Perdidas.

Fuente: Sección MCO Planificación de Mantenimiento – PDVSA

d) INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO

Es una metodología que permite determinar la probabilidad de falla en equipos que transportan o almacenan fluidos y las consecuencias que estas pudieran generar sobre las personas, el ambiente y los procesos.[6]

La Inspección Basada en Riesgos se aplica cuando se requiere:

- Fijar/revisar frecuencias de inspección.
- Optimizar costos de inspección.
- Cuantificar/modificar niveles de riesgos.
- Mejorar productividad y rentabilidad.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Con la aplicación de esta metodología se logra optimar esfuerzos de inspección (alcance, costos y frecuencias), evaluar el impacto sobre el riesgo de acciones como modificaciones de procesos, instalación de válvulas de aislamiento, etc. También apoya la toma de decisiones, considerando el riesgo cuantificado.

La Inspección Basada en Riesgos, se fundamenta en la aplicación de un software diseñado por “APT” (Asset Performance Tools), esta herramienta permite modelar el riesgo. Aplica para patrones de falla de baja frecuencia y alta consecuencia. El producto principal de la aplicación de esta técnica es “planes de inspección óptimos”. (figura 1.7).

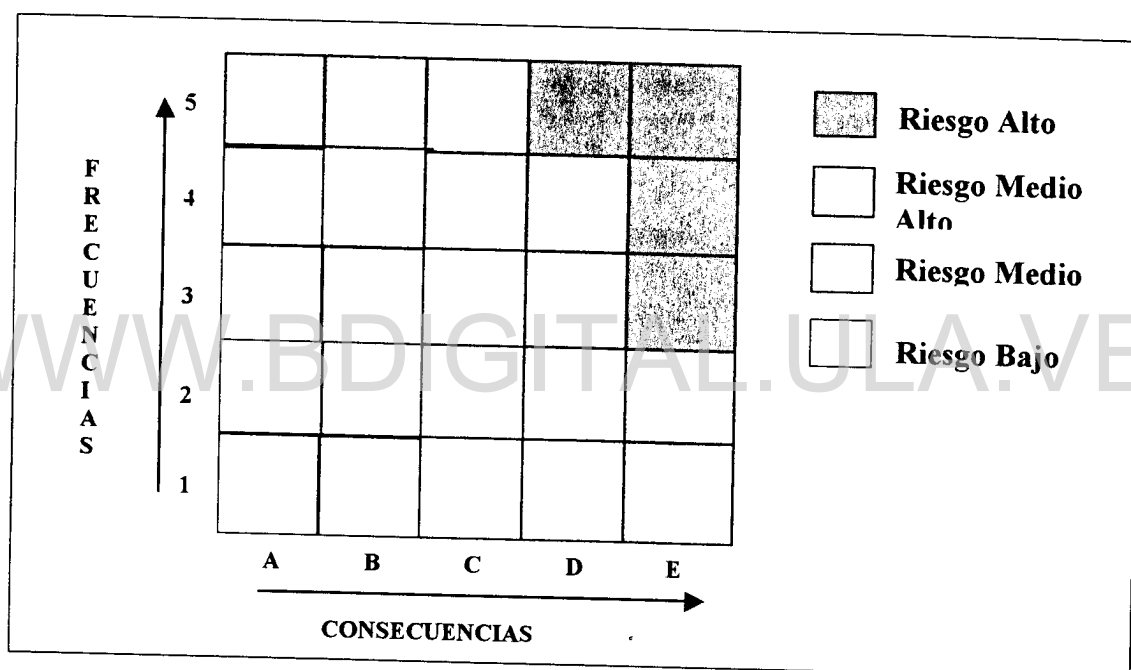


Figura 1.7. Matriz de severidad. De Inspección Basada en Riesgo.

Fuente: Sección MCO Planificación de Mantenimiento – PDVSA

e) ANÁLISIS COSTO RIESGO (OCR)

Es una metodología que permite identificar la frecuencia óptima de las actividades de mantenimiento preventivo, con base en el costo total mínimo/óptimo que genera. Esto se logra a través del balance de los costos/riesgos asociados a tales actividades y los beneficios que estas generan.[6]

Licencia Creative Commons:

Attribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Para aplicar esta herramienta se hace uso del software de computación llamado APT-Maintenance (Asset Performance Tools - Maintenance), que ayuda a obtener el punto óptimo de la curva del Impacto Total (figura 1.8).

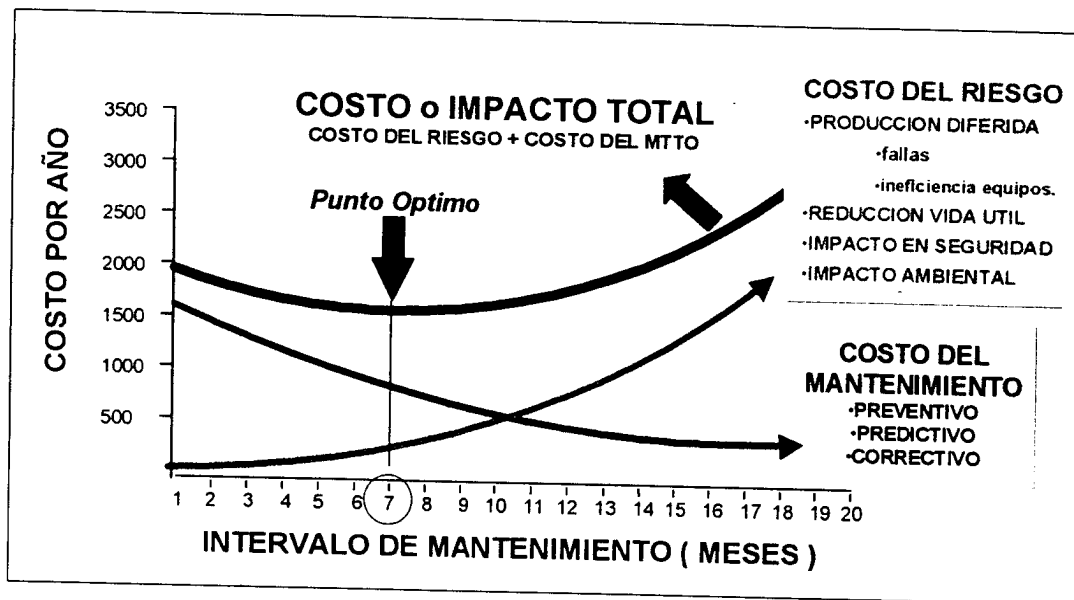


Figura 1.8. Análisis Costo Riesgo.

Fuente: Sección MCO Planificación de Mantenimiento – PDVSA

Con la aplicación de esta técnica se logran:

- Costos totales óptimos, en cuanto a la relación Producción – Mantenimiento.
- Frecuencias óptimas (Costos vs. Riesgos) de actividades de mantenimiento, basadas en su contexto de producción.
- Extensión de vida útil de componentes y equipos.
- Optimización de fuerza-hombre asociada a ejecución de actividades de mantenimiento.

f) MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC)

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario, en el contexto operacional presente.[6]

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

El MCC clásico fue una metodología desarrollada en sus inicios por la industria aeronáutica para garantizar la confiabilidad de los jets, que posteriormente migró a otras áreas tales como la industria militar, plantas de generación de potencia nuclear y convencional.

El MCC es un proceso que se usa para determinar la actividad de mantenimiento más adecuada (económicamente justificada), o lo que debe hacerse para asegurar que los elementos físicos continúen las funciones deseadas en su contexto operacional presente para satisfacer los requerimientos de los clientes.

Básicamente, determina las características del mantenimiento que debe realizarse (predictivo, preventivo o correctivo), además de evitar incidentes mayores en función de las consecuencias de falla y su impacto en el negocio.

La aplicación adecuada de las nuevas técnicas de mantenimiento, bajo el enfoque del MCC, permite de forma eficiente, optimar los procesos de producción y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, que traen consigo las fallas de los activos en un contexto operacional específico.

En la actualidad, compañías como: Shell y British Petroleum líderes en el sector petrolero, han implantado el MCC. En el caso de Venezuela, la Refinería de Cardón perteneciente a PDVSA, comenzó hace cuatro años a aplicar la filosofía del MCC durante el proceso de renovación y ampliación (Proyecto PARC).

El MCC sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo de trabajo multidisciplinario.

El MCC, se basa en las siguientes premisas:

- Análisis enfocados en funciones.
- Análisis realizados por equipos naturales de trabajo (operaciones, mantenimiento, especialistas), conducidos por un facilitador, experto en la aplicación del proceso.

Licencia Creative Commons.

El MCC, busca definir estrategias de mantenimiento que:

- Mejoren la seguridad.
- Mejoren el rendimiento operacional de los activos.
- Mejoren la relación costo-riesgo-efectividad de las tareas de mantenimiento.
- Sean aplicables a las características de una falla.
- Sean efectivas en mitigar las consecuencias de las fallas, es decir, un mantenimiento que funcione y sea costo-efectivo.
- Sean documentados y auditables.

La metodología MCC, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes preguntas básicas:

- 1) ¿Cuál es la función del activo?
- 2) ¿De qué manera pueden fallar?
- 3) ¿Qué origina la falla?
- 4) ¿Qué pasa cuando falla?
- 5) ¿Importa si falla?
- 6) ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
- 7) ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar las anteriores preguntas básicas del MCC por sí mismo. Esto es porque muchas de las respuestas sólo pueden ser proporcionadas por un Equipo Natural de Trabajo, es por ello que el MCC se define como una cultura o enfoque aplicado por equipos naturales y multidisciplinarios de trabajo cuyo propósito fundamental es aumentar la seguridad, la disponibilidad y la confiabilidad de las instalaciones.

Para realizar el análisis de las fallas funcionales el MCC aplica la metodología AMEF (Análisis de los modos y efectos de falla), la cual permite de forma estructurada realizar el análisis de la operación de una planta o equipo que permitirá identificar las fallas que pudieran

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

presentarse. Estas fallas pueden posteriormente examinarse para determinar posibles medios de prevención.

El AMEF permite: responder las preguntas básicas del MCC, realizar un análisis de confiabilidad, generando suficientes datos sobre causas y efectos de fallas, obtener una profunda visión desde el sistema hasta sus componentes, descubrir y documentar posibles cambios de diseño y en algunos casos, asiste en la definición de métodos rigurosos de diagnóstico de fallas que pueden conducir al diseño de procedimientos automáticos que reducirán al mínimo la necesidad de emprender actividades de mantenimiento correctivo.

El análisis AMEF debe basarse en:

- Experiencia de operadores y mantenedores
- Reportes de análisis de fallas y acciones correctivas
- Archivos de trabajos realizados
- Mantenimiento de rutina
- Data de ingeniería
- Data de construcción

PASOS BÁSICOS PARA REALIZAR EL AMEF

La aplicación del Análisis de Modos y Efectos de Fallas puede resumirse en los siguientes pasos básicos:

1. Definir las Funciones y Estándares de Funcionamiento.
2. Especificar las Fallas Funcionales.
3. Modos de Fallo.
4. Efectos de Fallo.
5. Consecuencia de los Fallos.
6. Selección de las Tareas de Mantenimiento.
7. Uso del Árbol Lógico de Decisiones.
8. Estructuración de las Tareas de Mantenimiento.

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

9. Acuerdo Final de Usuario.
10. Monitoreo del Plan.

1. Definir las Funciones y Estándares de Funcionamiento: El proceso de MCC comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional. La pérdida total o parcial de estas funciones afectarán a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización dependerá del comportamiento funcional de los equipos.

Es extremadamente importante que se examinen todas las posibles funciones de la planta o equipo al momento de conducir un AMEF.

2. Especificar las fallas funcionales: una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones.

Entre los diversos fallos funcionales que pueden corresponderse a una sola función, se incluyen las pérdidas total y parcial de la misma. Se produce una pérdida total de función cuando un elemento deja totalmente de funcionar, y una pérdida parcial de función ocurre cuando deja de lograr un estándar específico de prestación.

Una pérdida parcial de función casi siempre proviene de causas de falla diferentes de los que provocan una pérdida total, y las consecuencias casi siempre son diferentes; por esta razón, deben registrarse todos los fallos funcionales asociados con cada función.

3. Modos de Fallo: son las razones físicas de las fallas funcionales. Son las condiciones que se presentan, como desgaste, fractura o pérdida de calibración, lo que hace que la planta o el equipo no realice la tarea que debe cumplir. Una falla de función puede ser originada por mas de una causa de falla.

4. **Efectos de los Fallos:** los efectos de los fallos constituyen una lista de lo que sucede al producirse cada modo de fallo, estos deben describirse como si no se estuviera haciendo nada para impedirlos.

5. **Consecuencia de los Fallos:** identificadas las funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y los efectos de los mismos en cada elemento o componente significativo; el próximo paso es preguntar cómo y cuánto importa cada fallo. Las consecuencias arrojan los resultados de prevenir o no y también sugieren el esfuerzo para tratar los fallos.

La aplicación MCC clasifica las consecuencias de los fallos en cuatro grupos:

Consecuencia de los fallos ocultos: estos fallos no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otros fallos con consecuencias serias o catastróficas. Por tanto se les debe otorgar como prioridad alta, adaptando un acceso práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

Consecuencias para la Seguridad y el Medio Ambiente: un fallo tiene consecuencias sobre la seguridad si puede herir o causar la muerte. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente, si origina una pérdida de función u otros daños que pudieran conducir a la infracción de cualquier normativa municipal, regional, nacional o reglamento relacionado con el medio ambiente.

Los modos de falla que tiene consecuencias de seguridad se reconocen por la siguiente pregunta: ¿La falla podría herir o matar a una persona?. Si la respuesta es afirmativa, la causa de la falla tiene entonces consecuencias de seguridad.

Los modos de falla que tiene consecuencias ambientales son reconocidos por la formulación de la siguiente pregunta: ¿La falla causará la violación de una ley o regulación ambiental?. Si la respuesta es afirmativa, la causa de la falla tendrá consecuencias ambientales.

En este caso, la causa de la falla es medida ya sea en virtud de un requerimiento específico estipulado en una ley del país en el cual está operando el equipo o según algún estándar de la empresa

Consecuencias Operacionales: un fallo tiene consecuencias operacionales sí:

- **Afectan El Rendimiento Total:** esto sucede cuando el equipo deja totalmente de trabajar o cuando funciona con demasiada lentitud, esto acarrea costos incrementados de producción si la unidad se ve obligada a trabajar horas extras para compensar o pérdidas de ventas, si la unidad ya se encuentra trabajando a plena capacidad.
- **Afectan La Calidad Del Producto:** si una maquinaria ya no puede mantener las tolerancias de fabricación o si un fallo hace que se deterioren los materiales, el resultado probablemente será que habrá que volver a elaborar las piezas a un costo más elevado.
- **Afectan El Servicio Al Cliente:** los fallos de los equipos afectan el servicio al cliente de muchas maneras. Las demoras frecuentes o importantes a veces se ven castigadas con fuertes penalidades, como en el caso de los contratos grandes de construcción, pero no suelen provocar una pérdida inmediata de ingresos. No obstante, los problemas crónicos de servicio hacen a la larga que los clientes pierdan confianza y que lleven sus negocios a otra parte.

Consecuencias No Operacionales: los fallos evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, de modo que sólo originan el costo directo de la reparación.

6. Selección de las Tareas de Mantenimiento. El análisis de las consecuencias genera las reglas para comprobar si vale o no la pena una posible tarea de mantenimiento. También brinda el marco de referencia general para aplicar las acciones por omisión que han de emplearse cuando el mantenimiento no sea posible o no constituya la mejor estrategia. La figura 1.9 se muestra un ejemplo de un árbol lógico de decisión (anexo 1).

- Estimación Basada en el Historial de Fallas: recomendable para equipos dinámicos, los cuales por su alta frecuencia de fallas, normalmente permiten el almacenamiento de un historial de fallas que hace posible el análisis estadístico.

Para estimar las consecuencias totales que resultan de la falla de un equipo y/o sistema. El modelo básico en el que actualmente se esta soportando PDVSA, es el propuesto de “Impacto Total en el Negocio” desarrollado por John Woodhouse [8].

Este modelo divide las consecuencias asociadas con una falla particular en cuatro grandes categorías: pérdidas de producción, costos de reparación, impacto ambiental e impacto en seguridad (figura 1.9).



Figura 1.9 Modelo de consecuencias

Fuente: “Ingeniería de Confiabilidad Operacional; pilar fundamental del mantenimiento”. Trabajo presentado por: Medardo Yañez, José Luis Perdomo. Ingeniería de Mantenimiento Producción Occidente.

Pérdida de Producción:

En este paso, las pérdidas de producción debido a tiempo fuera de servicio son estimadas usando la siguiente ecuación:

$$\text{PERDIDA DE PRODUCCIÓN} = \text{PP} * \text{RF} * \text{TTR}$$

Donde:

PP: es el precio del producto (\$/Unid).

RF: es la reducción de flujo (Unid/Hr)

TTR: el tiempo para reparar (Hr).

Licencia Creative Commons:



La variabilidad del costo del producto se incluye con la asunción de una distribución normal.

Reducción de flujo: la reducción puede ser total o parcial, dependiendo de otros factores tales como diseño, redundancias, cargas compartidas o stand by y/o severidad de la falla (crítica o degradación). Para representar todos los posibles valores de esta reducción se definió una distribución normal.

Tiempo de reparación: en lo que respecta al tiempo de reparación, es su valor promedio (MTTR) el considerado para representar la distribución de esta variable.

Costos de reparación

La distribución de los costos de reparación debe incluir el espectro de todos los posibles costos, los cuales varían dependiendo de la severidad de la falla. Durante los ciclos de vida (tiempo entre overhauls), estos costos tienden hacia una distribución normal.

Impacto Ambiental e Impacto en Seguridad:

Las distribuciones de estos impactos, en la mayoría de los casos son difíciles de construir, pues no es fácil encontrar datos y fundamentalmente requieren ser construidas en base a la opinión de expertos.

El cálculo de probabilidades de falla y confiabilidades, así como el de consecuencias, permite el uso del modelo Costo Riesgo, con esto el diagnóstico pasa a formar parte y a reforzar el proceso de Confiabilidad Operacional, acompañando a las otras herramientas: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Inspección Basada en Riesgos y Análisis Causa Raíz.

CAPITULO 2

ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS PARA EVALUAR SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE EN EL ANALISIS DE CRITICIDAD

CAPITULO 2

Metodología para el Establecimiento de los Criterios para Evaluar la Seguridad, Higiene y Ambiente en el Análisis de Criticidad

La metodología de análisis de criticidad utilizada en la gestión de mantenimiento para el mejoramiento de la confiabilidad operacional soporta la estimación y cuantificación de las consecuencias ambientales y de seguridad, que resultan de la falla de un equipo y/o sistema, basándose en la opinión de expertos y no a través de una evaluación del impacto en seguridad y ambiente utilizando las técnicas y criterios de análisis de riesgo.

En este capítulo se describe la metodología empleada para establecer nuevos criterios de seguridad, higiene y ambiente a utilizar en la evaluación de criticidad de los sistemas y/o instalaciones, sustentados en las definiciones de riesgos, costos y aspectos legales.

2.1 GENERALIDADES DE RIESGO:

El concepto de riesgo debemos identificarlo con la posibilidad de perder, pero diferenciando entre el llamado Riesgo Especulativo, que puede dar como resultado un efecto desfavorable (pérdida) o un efecto favorable (ganancia) y el Riesgo Puro que solo puede dar como resultado un efecto adverso (perder o no perder). Intimamente relacionado con el riesgo se encuentra el peligro o condición que puede producir efectos adversos sobre la mejor utilización de los recursos humanos y la propiedad.

Todas y cada una de las actividades humanas en sus diferentes enfoques, tanto las más genéricas como las más concretas, llevan implícito unos riesgos cuando son desarrolladas. Se habla entonces de riesgos en el trabajo, riesgos al conducir, riesgos de tecnologías, riesgos físicos, riesgos eléctricos y así sucesivamente. La razón por la cual estas actividades y acciones llevan un riesgo implícito es porque al ejercerlas pueden dar un resultado adverso (o no), es decir, que pueden dar lugar a riesgos puros como los siguientes (Tabla 2.1):

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

1. Accidentes de trabajo, deportivos, domésticos, de circulación.
2. Enfermedades profesionales y enfermedades comunes.
3. Incendios y Explosiones.
4. Robos, hurtos, atentados, sabotajes, etc.

Entonces se puede afirmar que : “Si no hay posibilidad de pérdida entonces no hay riesgo puro”.

Tabla 2.1 Riesgos puros en el Trabajo

Riesgos Puros en el trabajo	
Incidentes	Pérdida de empleados (muerte, enfermedad, secuestro)
Accidentes de trabajo	Rotura de Maquinaria
Enfermedades profesionales	Pérdidas de transporte
Incendios	Robo, hurto
Explosiones	Fraude
Fenómenos naturales	Violación de datos
Espionaje Industrial	Sabotaje
Manifestaciones, paros	Interrupciones de proceso.
Pérdidas ecológicas	Pérdidas de clientes

Fuente: Administración de los riesgos puros. Seguridad e Higiene en el Trabajo .Adolfo Rodella Lisa. Alfa Omega Grupo Editor. México. 1999.

2.1.1 Identificación de los Riesgos:

El primer trabajo en la administración de riesgos es la identificación de la presencia y naturaleza de riesgos puros o exposiciones posibles a efectos adversos. Naturalmente la identificación de riesgos puros ha de variar en función de cada empresa y también puede extenderse el nivel de descripción de los mismos. Así en accidentes se puede referir a: accidentes de trabajo propiamente dicho, de los de circulación durante el trabajo; de ida y regreso al trabajo, mientras que para enfermedades profesionales se puede referir a silicosis, saturnismo, asbestosis, etc.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Finalmente, en el proceso de identificación podemos referirnos también a las consecuencias a que puede dar lugar cada uno de los riesgos puros. Consecuencias que serán siempre pérdidas:

1. Para las personas (lesiones, enfermedad, fatiga, insatisfacción).
2. Para la propiedad (en bienes mueble e inmuebles)
3. Para el proceso (tiempo perdido, calidad deteriorada).
4. Para el ambiente.

2.1.2 Evaluación de los Riesgos en Seguridad y Ambiente:

La evaluación consiste en determinar o valorar la gravedad y la probabilidad de que existen pérdidas como consecuencia de los riesgos identificados. Entonces, es necesario definir la probabilidad de que suceda una pérdida derivada de cada riesgo, qué gravedad o cantidad puede costar dicha pérdida y pensar en los recursos para hacer frente a esas pérdidas. Por lo tanto la identificación y la evaluación de riesgos son el fundamento de la administración de riesgos.

Para la estimación de la gravedad del riesgo pueden emplearse métodos tan simples como asignar letras (A, B y C) ó números(1,2,...10) que clasifican a los riesgos en altos, moderados y bajos ó severo, mayor y catastrófico. Esta definición de las categorías depende de la conveniencia de la empresa.

Cada empresa debe definir las referencias, en cuanto a niveles de gravedad de pérdidas materiales, en función de sus posibilidades financieras absolutas y relativas. Un ejemplo de la clasificación de orden cualitativo podría ser el siguiente:

Gravedad A (Alta) / 10	Puede dar lugar a lesiones o enfermedades susceptibles de originar incapacidades permanentes, muertes y/o pérdidas materiales muy graves.
Gravedad B (Moderada) / 7	Puede dar lugar a lesiones o enfermedades susceptibles de originar incapacidades transitorias y/o pérdidas materiales graves.
Gravedad C (Baja) / 3	Puede dar lugar a pérdidas de tiempo para curas inferiores de un día o jornada y/o pérdidas materiales leves.

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Otro método para determinar la gravedad o magnitud del riesgo consiste en el cálculo del siguiente producto: Probabilidad de que existan pérdidas, por el tiempo de exposición o presencia del riesgo con posibilidad de originar pérdidas, por las consecuencias potenciales del suceso.

$$\text{Gravedad del riesgo} = \text{Probabilidad} * \text{Tiempo de Exposición} * \text{Consecuencias}$$

De esta manera se obtienen valores del riesgo que nos indican:

1. Si procede para el trabajo, por ser un riesgo alto.
2. Si el riesgo requiere medidas de control inmediatas.
3. Si es un riesgo moderado, pero que requiere alguna corrección.
4. Si es adecuada una cierta atención, por ser posible la pérdida.
5. Si es posible aceptar el riesgo en el estado actual.

Todo ello de acuerdo a la escala de valores preconcebidas para cada empresa. En el caso particular de PDVSA, se establecen las categorías más convenientes de acuerdo a los criterios de tolerancia que se usan para estimar el riesgo individual y el riesgo social.

También es factible calcular la justificación de las medidas de control de riesgo, en función directa con la gravedad del riesgo y el grado de control que se conseguiría, teniendo en cuenta además los costos de las medidas de control. [9]

2.2 ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA SEGURIDAD E HIGIENE:

La seguridad y la higiene inciden en los costos fijos y los costos variables de la empresa. En los costos fijos para todo aquello que representa adopción de medidas técnicas y organizativas, cuya finalidad es la de incrementar el nivel o grado de seguridad e higiene y en los costos variables de las pérdidas que tienen lugar como consecuencia de los accidentes.

En el sentido práctico, lo que se quiere es conocer la realidad de las pérdidas y para ello es necesario contabilizar cuando se producen. El mejor sistema para esto es incluir en el análisis de la investigación todas las partidas en que ha podido repercutir el accidente. De esta manera, el costo

total de la seguridad y la higiene puede estar perfectamente controlado cuando se conoce lo que se deriva por concepto de los presupuestos, donde se incluyen los costos asociados con la planificación de seguridad y que tienen como finalidad aumentar los niveles de seguridad e higiene en el trabajo, y por otro lado cuando se conocen las pérdidas controladas a través de la investigación de los accidentes.

La importancia de las dos estructuras de costos nos permite examinar el criterio de inversión que debe ser adoptado en seguridad e higiene, además se hace necesario conocer todas las partidas de los elementos de costos para seguridad e higiene, porque esto origina un conocimiento global, y como resultado, las decisiones serán más acertadas.

2.2.1 Contabilización de los Costos de Seguridad e Higiene:

Podemos clasificar los costos de los accidentes en 3 grupos:

- Costos Contabilizables, a todos los efectos.
- Costos Estimativos, que habrá que estimar en ciertas ocasiones por no responder a un valor estricto, desde un punto de vista contable.
- Costos No Contabilizables, que deberán ser identificados porque, en ocasiones, superan con creces el valor del resto de los costos.

Costos Contabilizables:

- Recargos habidos por falta de medidas de Seguridad e Higiene.
- Importe de sanciones administrativas y penales
- Importe de indemnizaciones por daños a terceros.
- Ayudas y retribuciones graciabiles de la empresa:
 - a) Donativos a las familias del accidentado, gastos funerarios y similares.
 - b) Penalizaciones e indemnizaciones por demoras debidas al accidente.
 - c) Pérdidas contables de la propia empresa en materiales, equipo e instalaciones.
- Material fungible de los botiquines de empresas, que implican gastos y no responden a una simple reposición por actualización.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Costos derivados por huelgas o paros por causa de accidentes.
- Costos de lanzamiento de campañas publicitaria, si estas se han realizado con el fin de contrarrestar los efectos negativos de determinados accidentes.

Costos Estimativos:

- Costos inherentes a las pérdidas de tiempo:
 - a) Pérdida de tiempo de los compañeros del lesionado:
 - b) Pérdida de tiempo de desplazamiento por curas, consultas y tratamiento de los lesionados que no están de baja.
 - c) Pérdidas por rendimiento disminuido al restringirse el lesionado a su trabajo.
 - d) Pérdidas por rendimiento disminuido de los trabajadores que han sustituido al lesionado.
 - e) Contabilización de los tiempos dedicados a investigaciones y trámites legales que pudieran ocasionar el accidente.
- Costos adicionales del período de aprendizaje de los trabajadores nuevos que sustituyen al lesionado, en caso de no reintegrarse éste.
- Costos derivados de los defectos de calidad por el accidente.
- Importe de las horas extra de suplencias y de reparaciones.
- Producción no realizada por causa de accidentes.
- Importe de la parte proporcional de gastos generales.

Costos No Contabilizables:

- Baja moral de trabajo como consecuencia de los accidentes.
- Dificultades de contratación de mano de obra por la mala imagen de la empresa y de inseguridad por los accidentes.
- Relaciones públicas deficientes y dificultosas.
- Repercusiones en el descenso de ventas por imagen negativa.

Los costos listados anteriormente, pueden variar y esta lista no contempla todos los costos posibles que puedan originarse en caso de accidentes y sus consecuencias.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

2.2.2 Beneficios de la seguridad para el trabajador:

El beneficio que se deriva de las condiciones adecuadas de seguridad en el trabajo tienen depositarios individuales y colectivos.

El primer beneficiario es el trabajador, de la misma forma que es el principal afectado cuanto tienen lugar los accidentes que producen lesiones y contactos que derivan en enfermedades profesionales. También la empresa es un beneficiario directo, porque evita las pérdidas, esto repercute en el ejercicio rentable de los riesgos especulativos, y todo eso redundará en la conservación de los beneficios generados que afectan a la colectividad.

De forma indirecta las aseguradoras, los contratistas, los consumidores, las familias y la sociedad en general son receptores de los beneficios de la seguridad e higiene en el trabajo [10]

2.2.3 Marco Legal para La Seguridad en Venezuela:

La Ley Orgánica del Trabajo del 17 de junio de 1997, en su edición oficial del Ministerio del Trabajo, expresa las de los patronos en el Capítulo VI, Sección Primera, de las Condiciones de Higiene y Seguridad Industrial, en las siguientes disposiciones generales

TÍTULO IV. DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

Capítulo VI.

De la Higiene y Seguridad en el Trabajo

Artículo 236. El patrono deberá tomar las medidas que fueren necesarias para que el servicio se preste en condiciones de higiene y seguridad que respondan a los requerimientos de la salud del trabajador, en un medio ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio de sus facultades físicas y mentales.

El Ejecutivo Nacional, en el Reglamento de esta Ley o en disposiciones especiales, determinará las condiciones que correspondan a las diversas formas de trabajo, especialmente en aquellas que por razones de insalubridad o peligrosidad puedan resultar nocivas, y cuidará de la prevención de los infortunios del trabajo mediante las condiciones del medio ambiente y las con él relacionadas.

El Inspector del Trabajo velará por el cumplimiento de esta norma y fijará el plazo perentorio para que se subsanen las deficiencias. En caso de incumplimiento, se aplicarán las sanciones previstas por la Ley.

Artículo 237. Ningún trabajador podrá ser expuesto a la acción de agentes físicos, condiciones ergonómicas, riesgos psicosociales, agentes químicos, biológicos o de cualquier otra índole, sin ser advertido acerca de la naturaleza de los mismos, de los daños que pudieren causar a la salud, y aleccionado en los principios de su prevención.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En el Título VIII de la Ley trata de los riesgos profesionales, e incluye las definiciones conceptuales. Igualmente es muy clara en cuanto a los accidentes de trabajo y las indemnizaciones que debe recibir el trabajador en caso de accidente, como se puede apreciar en los siguientes artículos:

TÍTULO VIII

DE LOS INFORTUNIOS EN EL TRABAJO

Artículo 560. Los patronos, cuando no estén en los casos exceptuados por el artículo 563, estarán obligados a pagar a los trabajadores y aprendices ocupados por ellos, las indemnizaciones previstas en este Título por los accidentes y por las enfermedades profesionales, ya provengan del servicio mismo o con ocasión directa de él, exista o no culpa o negligencia por parte de la empresa o por parte de los trabajadores o aprendices.

Artículo 561. Se entiende por accidentes de trabajo todas las lesiones funcionales o corporales, permanentes o temporales, inmediatas o posteriores, o la muerte, resultantes de la acción violenta de una fuerza exterior que pueda ser determinada y sobrevenida en el curso del trabajo, por el hecho o con ocasión del trabajo. Será igualmente considerada como accidente de trabajo toda lesión interna determinada por un esfuerzo violento, sobrevenida en las mismas circunstancias.

Artículo 562. Se entiende por enfermedad profesional un estado patológico contraído con ocasión del trabajo o por exposición al ambiente en que el trabajador se encuentre obligado a trabajar; y el que pueda ser originado por la acción de agentes físicos, químicos o biológicos, condiciones ergonómicas o meteorológicas, factores psicológicos o emocionales, que se manifiesten por una lesión orgánica, trastornos enzimáticos o bioquímicos, temporales o permanentes. El Ejecutivo Nacional al reglamentar esta Ley o mediante Resolución especial podrá ampliar esta enumeración.

Artículo 563. Quedan exceptuados de las disposiciones de este Título y sometidos a las disposiciones del derecho común, o a las especiales que les conciernan, los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales que sobrevengan:

- a) cuando el accidente hubiese sido provocado intencionalmente por la víctima;
- b) cuando el accidente sea debido a fuerza mayor extraña al trabajo, si no se comprobare la existencia de un riesgo especial;
- c) cuando se trate de personas que ejecuten trabajos ocasionales ajenos a la empresa del patrono;
- d) cuando se trate de personas que ejecuten trabajos por cuenta del patrono en sus domicilios particulares; y
- e) cuando se trate de los miembros de la familia del propietario de la empresa que trabajen exclusivamente por cuenta de aquél y que viven bajo el mismo techo.

La clasificación de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales para efecto de indemnización se establece en los siguientes artículos:

Artículo 566. Las consecuencias de los accidentes o de las enfermedades profesionales que dan derecho a indemnización conforme a esta Ley, se clasifican así:

- a) La muerte;
- b) Incapacidad absoluta y permanente;
- c) Incapacidad absoluta y temporal;
- d) Incapacidad parcial y permanente; y
- e) Incapacidad parcial y temporal.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

No se consideran como incapacidades los defectos físicos provenientes de accidentes o enfermedades profesionales que no inhabiliten al trabajador para ejecutar con la misma eficacia la misma clase de trabajo de que era capaz antes de ocurrir el accidente o contraer la enfermedad.

Artículo 567. En caso de accidente o enfermedad profesional que ocasione la muerte, los parientes del difunto a los que se refiere el artículo siguiente, tendrán derecho a una indemnización igual al salario de dos (2) años. Esta indemnización no excederá de la cantidad equivalente a veinticinco (25) salarios mínimos, sea cual fuere la cuantía del salario.

Artículo 571. En caso de accidente o enfermedad profesional que produzca incapacidad absoluta y permanente para el trabajo, la víctima tendrá derecho a una indemnización equivalente al salario de dos (2) años. Esta indemnización no excederá de la cantidad equivalente a veinticinco (25) salarios mínimos, sea cual fuere la cuantía del salario.

Artículo 572. En caso de accidente o enfermedad profesional que produzca incapacidad absoluta y temporal para el trabajo, la víctima del accidente tendrá derecho a una indemnización igual al salario correspondiente a los días que hubiere durado la incapacidad. Esta indemnización no excederá del salario correspondiente a un (1) año.

Artículo 573. En caso de accidente o enfermedad profesional que produzca incapacidad parcial y permanente, la víctima del accidente tendrá derecho a una indemnización que se fijará teniendo en cuenta el salario y la reducción de la capacidad de ganancias causadas por el accidente, según el Reglamento.

Esta indemnización no excederá del salario de un (1) año, ni de la cantidad equivalente a quince (15) salarios mínimos, sea cual fuere la cuantía del salario.

Artículo 574. Si la enfermedad o el accidente producen incapacidad parcial y temporal, la víctima tendrá derecho a una indemnización que se fijará teniendo en cuenta el salario, la reducción de la capacidad causada por el accidente y los días que dure la incapacidad. Esta indemnización no excederá del salario correspondiente a un (1) año.

Artículo 575. Para calcular las indemnizaciones que deben pagarse conforme a los artículos anteriores se aplicará el salario normal que hubiere tenido derecho a cobrar la víctima el día que ocurrió el accidente o la enfermedad profesional.

Los lapsos establecidos en dichos artículos se contarán por días continuos, sin exclusión alguna.

La víctima de los riesgos profesionales tendrá derecho a la asistencia médica, quirúrgica y farmacéutica, de acuerdo a los siguientes artículos:

Artículo 577. Las víctimas de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales tendrán además derecho a la asistencia médica, quirúrgica y farmacéutica que sea necesaria como consecuencia de tales accidentes o enfermedades. En caso de muerte, el patrono estará obligado a sufragar los gastos de entierro.

Artículo 578. En caso de que los patronos responsables de los accidentes o enfermedades profesionales tengan hospitales, clínicas o establecimientos análogos, declarados suficientes por el Ministerio del ramo de la salud para prestar la asistencia médica, quirúrgica y farmacéutica a que se refiere el artículo anterior, tendrán el derecho de que la asistencia sea prestada en sus establecimientos, y los damnificados no podrán pretender que les sea prestada en otra parte.

2.3 CRITERIOS DE SEGURIDAD PROPUESTOS PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD:

Los valores establecidos en la tabla guía para el análisis de criticidad en la evaluación del impacto en la Seguridad, no toman en cuenta las consecuencias que podrían originarse en caso de

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

ocurrir accidentes. Es por ello que se plantea un cambio en los criterios, con la finalidad de poder realizar una estimación más precisa de los aspectos de seguridad que se evalúan durante la ejecución de un análisis de criticidad y sustentadas en las definiciones de riesgos, costos y aspectos legales.

El impacto en la seguridad no puede ser vista como un único valor atado a una sola respuesta (Sí o No), sino que deben desglosarse y examinarse las respuestas de forma detallada, esto hará que la estimación del impacto de seguridad en conjunto con los otros costos de mantenimiento y producción se ajusten a criterios más reales, que permitan la toma de decisiones acertadas. No resulta igual entonces, evaluar la seguridad como un todo donde se tiende a totalizar los resultados, que cuando se puede evaluar de forma separada, creando una mejor visión de las posibles consecuencias.

En la tabla 2.2 se muestran los criterios que son usados en la tabla guía de criticidad para estimar el impacto en seguridad, como se observa se asigna un valor de 35 puntos cuando la respuesta es afirmativa y 0 cuando la respuesta es negativa, dando como resultado que exista una sobreestimación o una subestimación en los valores de Seguridad. Por ejemplo, si el personal que recibe la encuesta del ENT responde de manera afirmativa, se le está asignando el mismo valor para diferentes consecuencias (fatalidades, explosiones, lesiones sin pérdida de tiempo, entre otras), sin embargo los costos para una fatalidad son mayores cuando se comparan con los costos de una lesión parcial temporal, de acuerdo a las penalizaciones e indemnizaciones establecidas en La Ley Orgánica del Trabajo.

En este sentido, al estimar las consecuencias con la misma puntuación se comete el error de estar sobre estimando el impacto en la seguridad, entendiendo por impacto los costos asociados con las fatalidades, lesiones y pérdidas de tiempo.

Tabla 2.2 Criterios actuales en el Análisis de Criticidad para Seguridad

IMPACTO EN LA SEGURIDAD PERSONAL (cualquier tipo de daños, heridas, fatality)		Puntuación
SI		35
NO		0

Fuente: Manual de Introducción a la Confiabilidad Operacional, CIED, Tamare.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Es importante resaltar que no fueron utilizados los criterios de tolerancia de PDVSA para riesgo social, debido a que solo se están considerando las lesiones que pudiesen ocurrir al personal de la instalación.

Otra factor importante para darle el valor a las consecuencias, es el que resulta de las indemnizaciones que establece la Ley Orgánica del Trabajo en el caso de los infortunios en el trabajo (tabla 2.3). Esto permite establecer una relación entre las consecuencias de los accidentes laborales y sus indemnizaciones respectivas.

Tabla 2.3 Indemnizaciones según el tipo de accidente laboral

Consecuencia Específica	Indemnización	Límite de la Indemnización
- Muerte - Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y permanente, con pérdida de tiempo	Salario Mínimo * 2 años	No excederá de la cantidad equivalente a veinticinco (25) salarios mínimos
- Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y temporal, con pérdida de tiempo	Salario (por días) * días de Incapacidad	No excederá del salario correspondiente a un (1) año.
- Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y permanente, con pérdida de tiempo - Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y temporal, con pérdida de tiempo	Se fijará teniendo en cuenta el salario, la reducción de la capacidad causada por el accidente, y en el caso de la incapacidad temporal los días que dure la incapacidad	No excederá del salario correspondiente a un (1) año.

Fuente: Elaboración propia..

En la tabla 2.4, se observan los nuevos valores propuestos para evaluar el impacto en Seguridad, con estos nuevos valores se asigna una puntuación para casos específicos de accidentes; como: fatalidad, lesiones e incapacidad. Esto permite una mejor estimación, no sólo porque se especifica cada consecuencia, sino porque el impacto en Seguridad se desglosa según el tipo de lesión obtenido de una determinada falla en un equipo o sistema. Además, la tabla 2.4 muestra de forma clara los accidentes laborales y su respectiva puntuación de acuerdo a las

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

indemnizaciones establecidas, sin embargo, se introduce el término lesión reportable sin pérdida de tiempo, con el objetivo de contabilizar los incidentes durante la ejecución del análisis de criticidad.

Otra consideración que se tomó en cuenta para los criterios propuestos, fueron las pérdidas económicas ocasionadas por la ocurrencia de un incendio y/o explosión como consecuencia de una determinada falla en un equipo, sistema y/o instalación.

Pérdidas Económicas en MM\$

Más de 5

0.5 y 5

0.1 y 0.5

0 y 0.1

Tabla 2.4 Criterios propuestos en el Análisis de Criticidad para el Impacto en Seguridad

IMPACTO EN SEGURIDAD		Puntuación
1 o más Fatalidades y Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y permanente, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (Pérdidas > 5 MM\$)	35
Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y temporal, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (5MM\$>Pérdidas > 0.5 MM\$)	25
Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y permanente, con pérdida de tiempo y Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y temporal, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (0.5MM\$>Pérdidas > 0.1 MM\$)	11
Lesión reportable sin pérdida de tiempo.	Incendio y/o Explosión (0.1MM\$>Pérdidas > 0 MM\$)	4
Ninguna	-	0

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la equivalencia se consideró la mayor consecuencia con una puntuación de 35, igual a 10 en una escala de 1 a 10. Para el resto de las consecuencias se calculó la puntuación tomando la asunción anterior como base, como se muestra en la Tabla 2. 5

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Tabla 2.5 Valoración de las consecuencias en Seguridad

IMPACTO EN SEGURIDAD		Valor	Puntuación
1 o más Fatalidades y Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y permanente, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (Pérdidas > 5 MM\$)	10	35
Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y temporal, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (5MM\$>Pérdidas > 0.5 MM\$)	7	25
Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y permanente, con pérdida de tiempo y Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y temporal, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (0.5MM\$>Pérdidas > 0.1 MM\$)	3	11
Lesión reportable sin pérdida de tiempo.	Incendio y/o Explosión (0.1MM\$>Pérdidas > 0 MM\$)	1	4
Ninguna	-	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 2.1, la clasificación de las consecuencias permite una mejor visualización del impacto en seguridad y una estimación más detallada y entendida de las posibles consecuencias.

Para efectos de la figura 2.1, a cada término de los criterios propuestos para evaluar el impacto en seguridad, se le asignó un nombre en función del tipo evento presentado.

CONSECUENCIA ESPECÍFICA	TIPO DE EVENTO
-1 o más Fatalidades	Tipo 1
-Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y permanente, con pérdida de tiempo	
Incendio y/o Explosión (Pérdidas > 5 MM\$)	Tipo 2
Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y temporal, con pérdida de tiempo	
Incendio y/o Explosión (5 MM\$>Pérdidas >0.5 MM\$)	Tipo 3
-Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y permanente, con pérdida de tiempo	
-Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y temporal, con pérdida de tiempo	Tipo 4
Incendio y/o Explosión (0.5MM\$>Pérdidas >0.1 MM\$)	
Lesión reportable sin pérdida de tiempo.	Tipo 4
Incendio y/o Explosión (0.1 MM\$>Pérdidas > 0MM\$)	
Ninguna	0

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En esta figura 2.1 se muestra la diferencia entre los criterios actuales y los criterios propuestos para evaluar el impacto en seguridad en el análisis de criticidad, se observa que hay una variación considerable en el puntuación con respecto a los criterios actuales, si se compara con el criterio actual SI usado en el análisis de criticidad, el cual tiende a generalizar todas las respuestas posibles en caso de que ocurra cualquier accidente o incidente.

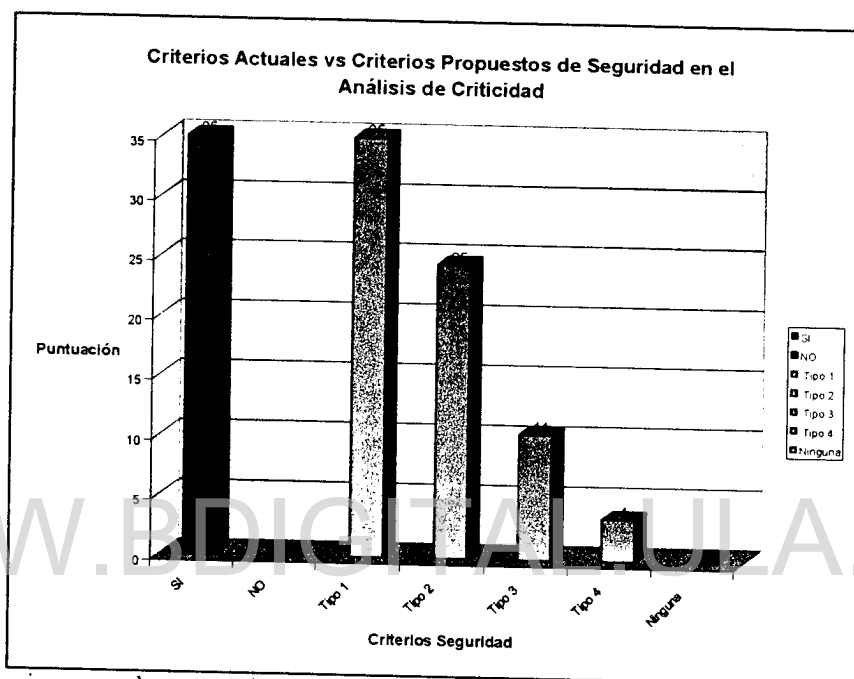


Figura 2.1. Criterios actuales vs. criterios propuestos para evaluar el Impacto en Seguridad.

2.4 CRITERIOS AMBIENTALES PROPUESTOS PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD:

Durante años las compañías petroleras han dedicado mucho tiempo y recursos para encontrar la manera de reducir el impacto en el entorno, pero en realidad se trata de equilibrar la necesidad de no perturbar el ambiente con la necesidad de producir energía. Este equilibrio es el objetivo principal de la cooperación a nivel nacional e internacional por parte de los gobiernos y compañías petroleras.

En los últimos tiempos se viene debatiendo acerca de los efectos que las actividades y los procesos industriales tienen sobre el medio ambiente. Estos efectos pueden tener secuelas breves

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

o secuelas de larga duración dependiendo del caso y del tipo de contaminante. Por lo tanto, todas las industrias tienen consecuencias sobre el ambiente circundante y la industria petrolera no es una excepción, dada la complejidad de sus operaciones y el tipo de productos que se producen, manejan y comercializan; aún cuando todas las operaciones que desarrolla la industria petrolera se realizan con considerables esfuerzos para reducir al mínimo el efecto perjudicial sobre el ambiente, y cumplir con las reglamentaciones.

2.4.1 Impacto de la industria petrolera sobre el ambiente:

El impacto ambiental ocasionado por la industria petrolera comprende los efectos de todas y cada una de las fases involucradas en las etapas:

- Exploración.
- Producción.
- Transformación.
- Distribución.
- Comercialización.

Las actividades en cada una de estas etapas han afectado los recursos naturales, representados básicamente por agua, aire, suelo y biota.

Cuando se trata de definir el riesgo ambiental asociado con las actividades petroleras y específicamente para el caso de derrames de crudo ocasionados por las actividades de exploración y producción, este resulta ser diferente a otros tipos de riesgos, por estar el ambiente externo expuesto a diferentes actividades que son responsabilidad de las empresas y la sociedad.

El criterio de tolerancia para el ambiente en el caso de derrames de hidrocarburos debe tomarse en cuenta a partir del hecho de que existen varios campos petroleros en desarrollo o producción que pueden afectar los recursos ambientales. También otras actividades, tales como el transporte o industrias ubicadas en las costas que pueden incrementar el riesgo ambiental para los

mismo recursos. El medio para establecer el criterio de tolerancia de riesgos para el ambiente necesita por lo tanto estar más estandarizado, sí se compara con otros tipos de riesgo.

El riesgo ambiental es la combinación de la probabilidad para accidentes dados y las consecuencias de estos. Entendiendo por accidentes, los derrames de crudo que ocasionan daños y pérdidas ambientales. Para entender el riesgo ambiental asociados con el derrame de crudo es necesario definir y conocer los siguientes términos:

1. Derrame de crudo: derrame imprevisto de hidrocarburos líquidos (crudo o condensado) que afecta al ambiente externo, originando como resultado un accidente.
2. Ambiente: el ambiente externo que es susceptible a derrames tanto en el mar como en la costa.
3. Área de Influencia: el % del área que se ve afectada por un derrame de crudo, determinada en base a las mediciones o simulaciones de crudo.
4. Área de Análisis: la parte del ambiente que esta sujeta a análisis, basada sobre la estimación del área de influencia, probabilidad de liberación con una cierta rata y duración de distribución. El área de análisis puede ser tan grande, igual o más pequeña que el área de influencia.
5. Recuperación (duración): el tiempo requerido antes de que un recurso recobre el nivel de condición antes de que ocurriera el accidente.
6. Daño Ambiental: reducción directa o indirecta de una o varias recursos resultado de un derrame. El tiempo de recuperación de uno de los recursos afectados debe ser por lo menos de 1 mes, para ser clasificado como daño ambiental.
7. Categorías para daños ambientales: Severo, Mayor y Catastrófico definidos en base a su recuperación y de acuerdo a los criterios de tolerancia para riesgo social establecidos por PDVSA. [11]

2.4.2 Costos de Análisis, Limpieza y Reparación de un Derrame de Crudo:

Para el análisis de los costos de un derrame ambiental se requiere realizar una evaluación del daño y de las alternativas técnicas.

2.4.2.1 Evaluación del daño ambiental: esta evaluación consiste en realizar un diagnóstico de estimación rápida de las pérdidas, que debe ser muy preciso, ya que a partir de aquí se genera la información que será utilizada, tanto para la definición de responsabilidades como para la planificación de las medidas de mitigación, limpieza y en algunos casos, restauración.

Cuando ocurre un derrame en el suelo o en cuerpos de agua, los contaminantes inmediatamente tienden a dispersarse hacia donde el medio físico lo permite. Las características fisicoquímicas del contaminante, así como las características propias del sitio determinan su permanencia o mitigación. Esta es la razón por la cual los derrames que ocurren se detectan fuera del lugar donde se originaron y alejados varios metros o incluso kilómetros en dirección de la corriente del agua o de las aguas subterráneas en caso de derrames en tierra. En estos casos se pone en riesgo la salud de las personas y los recursos naturales presentes en el área.

Todos los hidrocarburos del petróleo son insolubles en agua y por ser menos densos que está tienden a flotar, esta característica es importante porque marca la estrategia del diagnóstico en un sitio contaminado. Los combustibles no siempre se ven, pero tienen la ventaja de que huelen y de que su olor es fácilmente detectable. Los derrames de crudo tienen la ventaja de ser completamente visibles por su color y aspecto.

La evaluación del daño ambiental constituye un estudio completo de caracterización que incluye: análisis del sitio y sus alrededores, análisis geohidrológico, análisis químico de los contaminantes y análisis fisicoquímico del suelo o agua contaminada. Todos estos análisis implican costos, porque se requiere de personal capacitado, material, equipos y tiempo para su ejecución.

a) Análisis del Sitio y sus Alrededores (Area de Análisis): para realizar estas actividades es indispensable visitar el lugar, debido a que gran parte de la información se levanta con las entrevistas a los trabajadores y los pobladores del lugar, aún cuando es necesario recurrir muchas veces a la data bibliográfica e histórica. Durante la ejecución de este análisis se tiene previsto revisar la siguiente información:

- Ubicación geográfica del sitio afectado.

- Tipo de instalación que dio origen al derrame.
- Planos de las instalaciones superficiales y vías de acceso.
- Planos de las instalaciones subterráneas con identificación.
- Ubicación de las zonas urbanas aledañas.
- Resultados de los estudios previos que se hayan realizado (auditorías ambientales, medidas de profundidad del nivel freático, etc).
- Tipo y características del crudo.
- Ubicación de las fuentes de contaminación.
- Duración del derrame
- Precipitaciones pluviales (frecuencia y nivel).
- Escorrentías.

Si el derrame ocurre en Agua:

- Tipo de vegetación.
- Extensión.
- Velocidad de las corrientes.
- Especies marinas y aves.
- Usos de las aguas.

Si el derrame ocurre en Tierra:

- Ubicación de los cuerpos de aguas aledaños.
- Clima y temperatura del sitio.
- Uso del suelo afectado.
- Topografía del terreno.
- Tipo de Vegetación.

b) Análisis geohidrológico: este análisis aporta información para entender como se han movido los contaminantes, desde el sitio donde ocurrió el derrame hacia las zonas afectadas. La información suministrada permite conocer si la migración de los contaminantes ha sido

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

producto de un proceso natural o bien ocasionado por la acción del hombre. Durante la realización de estos estudios se obtiene información acerca de:

- Profundidad del nivel freático.
- Dirección y velocidad del flujo de agua. Para el derrame en tierra interesa conocer la dirección y velocidad de flujo de las agua subterráneas.
- Definición tridimensional de la mancha.

c) **Diagnóstico de la contaminación en situ:** realizar el diagnóstico en situ permite obtener información de manera rápida y simple. Se puede conocer la ubicación y la extensión de la mancha. Existen varios métodos para el diagnóstico en situ, pero dos de los más utilizados son los geoelectrónicos y la gasometría, cada uno de ellos se aplica dependiendo de las características de los contaminantes.

d) **Análisis Químico:** el análisis químico se realiza con el fin de determinar las características y tipo de contaminantes, así como su concentración presentes en el crudo derramado: cantidad de compuestos volátiles, hidrocarburos totales de petróleo, entre otras.

e) **Análisis Fisicoquímico:** estos análisis se realizan para conocer que tan afectado se encuentra el recurso natural. Dentro de las mediciones que se realizan se encuentran:

Para derrame de crudo en Agua:

- pH.
- DQO (demanda química de oxígeno)
- DBO (demanda bioquímica de oxígeno).
- Alcalinidad.
- Concentración de sólidos.

Para derrame de crudo en Tierra:

- pH
- Humedad

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Capacidad de retención de agua.
- Contenido de materia orgánica y materia inorgánica.
- Porosidad.
- Permeabilidad.
- Tipo de suelo.

2.4.2.2. Costos de las Alternativas Técnicas para la reparación del Daño:

Desde el punto de vista técnico, la estrategia para la reparación del daño es única para cada caso y tiene que estar soportado en todos los resultados de la caracterización. La planificación debe realizarse de tal manera que la recuperación del daño no afecte más al ambiente de lo que ya ha sido afectado. Dentro de los niveles de reparación del daño encontramos:

- Mitigación.
- Remediación.
- Restauración.

La reparación del daño se debe efectuar de manera inmediata a su evaluación, de lo contrario la información obtenida puede ser poco confiable, dado que los mismos eventos naturales modifican las características del área afectada.

a) **Costos de las Medidas de Mitigación:** son todas aquellas acciones que se toman de inmediato a fin de evitar un daño mayor y que involucran costos. Algunos ejemplos de los costos anteriores son: activación de los planes de emergencia para la contención de derrames de crudo, la clausura de pozos, cierre de tuberías, excavación de zanjas, recolección del crudo derramado tanto en cuerpos de agua como en tierra, etc.

Estas acciones permiten retirar la mayor cantidad de crudo, a pesar de que siempre queda una fracción asociada a la estructura del suelo o bien, disuelta en el agua, por lo que es necesario aplicar tratamientos de remediación más avanzados.

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

b) **Costos de las Medidas de Remediación:** en el mercado existen diversas tecnologías para la limpieza de suelos, acuíferos y cuerpos de aguas. La opción tecnológica más conveniente, se define de acuerdo a los criterios técnicos establecidos para cada caso en particular. Dentro de las tecnologías de remediación que han comprobado ser efectiva se encuentran:

- Bioremediación
- Extracción
- Fijación
- Incineración
- Filtración.

El costo de aplicación de una tecnológica es un punto muy importante en la toma de decisiones, pero es conveniente hacer un balance, ya que por lo general la mejor opción económica no corresponde a la mejor alternativa técnica.

La aplicación de cualquier tipo de tratamiento a un sitio contaminado implica un riesgo que debe ser evaluado de manera muy particular. Para ello se requiere llevar un registro periódico durante el tratamiento para confirmar su efectividad [12].

Otros costos asociados a los derrames:

- Penalizaciones
- Indemnizaciones a terceros por daños a la propiedad.
- Gasto en campañas publicitarias para mejorar la imagen de la empresa.
- Entrenamiento del personal.
- Costo de transporte de personal y equipos a las zonas afectadas.
- Reposición de material y equipos (barreras de contención, desnatadores, retroexcavadoras, etc).
- Empleo de contratistas para realizar las actividades de limpieza.
- Costos de ubicación de los residuos generados por la recolección del derrame.

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

2.4.3 Marco Legal Para La Limpieza De Los Sitios Contaminados en Venezuela:

La ley Penal de Ambiente del 3 de Enero de 1992, establece en el Título I en las disposiciones generales todo lo concerniente a las violaciones con respecto a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y las responsabilidades administrativas, penal y civil para cada caso de violación a las disposiciones relativas tanto para las personas jurídicas como para las personas naturales, como se observa en los siguientes artículos:

LEY PENAL DEL AMBIENTE

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1. Objeto.- La presente Ley tiene por objeto tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Así mismo, determina las medidas precautelativas, de restitución y de reparación a que haya lugar.

Artículo 3. Requisitos de las sanciones a personas jurídicas.- Independientemente de la responsabilidad de las personas naturales, las personas jurídicas serán sancionadas de conformidad con lo previsto en la presente Ley, en los casos en que el hecho punible descrito en ésta haya sido cometido por decisión de sus órganos, en el ámbito de la actividad propia de la entidad y con recursos sociales y siempre que se perpetre en su interés exclusivo o preferente.

Artículo 4. Responsabilidad de representante.- Cuando los hechos punibles fueran cometidos por los gerentes, administradores o directores de personas jurídicas, actuando a nombre o en representación de éstas, aquellos responderán de acuerdo a su participación culpable y recaerán sobre las personas jurídicas las sanciones que se especifican en esta Ley.

Artículo 5. Sanciones a personas naturales.- Las sanciones serán principales y accesorias.

Son sanciones principales:

1. La prisión.
2. El arresto.
3. La multa.
4. Los trabajos comunitarios.

La pena de trabajo comunitario consiste en la obligación impuesta al reo de realizar, durante el tiempo de la condena, labores en beneficio de la comunidad, que indicará el juez, quien tendrá presente para tal fin la capacitación de aquél y, en todo caso, sin menoscabo de la dignidad personal.

Esta pena podrá ser impuesta en sustitución de la de arresto en los casos en que el juez lo estimare conveniente, atendidas la personalidad del procesado y la mayor o menor gravedad del hecho.

Son sanciones accesorias, que se aplicarán a juicio del tribunal:

1. La inhabilitación para el ejercicio de funciones o empleos públicos, hasta por dos (2) años después de cumplirse la pena principal, cuando se trate de hechos punibles cometidos por funcionarios públicos.
2. La inhabilitación para el ejercicio de la profesión, arte o industria, hasta por un (1) año después de cumplida la sanción principal, cuando el delito haya sido cometido por el condenado con abuso de su industria, profesión o arte, o con violación de alguno de los deberes que le sean inherentes.
3. La publicación de la sentencia, a expensas del condenado, en un órgano de prensa de circulación nacional.
4. La obligación de destruir, neutralizar o tratar las sustancias, materiales, instrumentos u objetos fabricados, importados u ofrecidos en venta, y susceptibles de ocasionar daños al ambiente o a la salud de las personas.
5. La suspensión del permiso o autorización con que se hubiese actuado, hasta por un lapso de dos (2) años, después de cumplida la sanción principal.
6. La suspensión del ejercicio de cargos directivos y de representación en personas jurídicas hasta por tres (3) años, después de cumplida la pena principal; y

Licencia Creative Commons:

7. La prohibición de contratar con la Administración Pública hasta por un lapso de tres (3) años, después de cumplida la sanción principal.

Artículo 6. Sanciones a personas jurídicas.- La sanción aplicable a las personas jurídicas por los hechos punibles cometidos, en las condiciones señaladas en el artículo 3 de esta Ley, será la de multa establecida para el respectivo delito y, atendida la gravedad del daño causado, la prohibición por un lapso de tres (3) meses a tres (3) años de la actividad origen de la contaminación.

Si el daño causado fuere gravísimo, además de la multa, la sanción será la clausura de la fábrica o establecimiento o la prohibición definitiva de la actividad origen de la contaminación, a juicio del juez.

El Tribunal podrá, así mismo, imponer a la persona jurídica, de acuerdo a las circunstancias del hecho que se haya cometido, alguna o algunas de las siguientes sanciones:

1. La publicación de la sentencia a expensas del condenado, en un órgano de prensa de circulación nacional.
2. La obligación de destruir, neutralizar o tratar las sustancias, materiales, instrumentos u objetos fabricados, importados u ofrecidos en venta, y susceptibles de ocasionar daños al ambiente o a la salud de las personas.
3. La suspensión del permiso o autorización con que se hubiese actuado, hasta por un lapso de dos (2) años; y
4. La prohibición de contratar con la Administración Pública hasta por un lapso de tres (3) años.

Artículo 9. Penalidades del delito culposo.- Si los delitos previstos en el Título II de esta Ley fuesen cometidos por imprudencia, negligencia, impericia o por inobservancia de leyes, reglamentos, órdenes o instrucciones, la pena establecida para los hechos punibles dolosos, se rebajará de una tercera parte a la mitad de la normalmente aplicable. En la aplicación de esta pena, el juez apreciará el grado de culpa del agente.

En el artículo 16 de la Ley Penal de Ambiente se establece de forma clara que quien contamina, paga:

Artículo 16. Obligación de orden público.- Se considera de orden público la obligación de restituir, reparar el daño o indemnizar los perjuicios causados al ambiente, por quienes resultaren responsables de los delitos previstos en esta Ley. A estos efectos, el tribunal practicará, aún de oficio, las diligencias conducentes a la determinación de la responsabilidad civil de quienes aparecieran como autores o partícipes en el delito.

La responsabilidad penal queda establecida en el artículo 20 de la presente Ley:

Artículo 20. Acciones derivadas del delito.- De todo delito contra el ambiente, nace acción penal para el castigo del culpable. También puede nacer acción civil para el efecto de las restituciones y reparaciones a que se refiere esta Ley. La acción penal derivada de los delitos previstos en esta Ley es pública y se ejerce de oficio, por denuncia o por acusación.

Las medidas precautelivas se establecen en el artículo 24, y tienen por objeto evitar que se siga cometiendo el daño ambiental:

Artículo 24. Medidas judiciales precautelativas.- El juez podrá adoptar, de oficio o a solicitud de parte o del órgano administrativo denunciante, en cualquier estado o grado del proceso, las medidas precautelativas que fuesen necesarias para eliminar un peligro, interrumpir la producción de daños al ambiente o a las personas o evitar las consecuencias degradantes del hecho que se investiga. Tales medidas podrán consistir en:

1. La ocupación temporal, total o parcial, de las fuentes contaminantes, hasta tanto se corrija o elimine la causa degradante, o se obtengan las autorizaciones correspondientes.
2. La interrupción o prohibición de la actividad origen de la contaminación o deterioro ambientales.
3. La retención de sustancias, materiales u objetos sospechosos de estar contaminados, causar contaminación o estar en mal estado.
4. La retención de materiales, maquinarias u objetos, que dañen o pongan en peligro al ambiente o a la salud humana.

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

5. La ocupación o eliminación de obstáculos, aparatos, objetos o elementos cualesquiera que alteren el aspecto o el aprovechamiento racional de los recursos hídricos, medio lacustre, marino y costero o zonas bajo régimen de administración especial.
6. La inmovilización de vehículos terrestres, fluviales, marítimos o aéreos, capaces de producir contaminación atmosférica o sónica; y
7. Cualesquiera otras medidas tendientes a evitar la continuación de los actos perjudiciales al ambiente.

En el Título II de los delitos contra el ambiente, Capítulo I, en el artículo 28 se establece la responsabilidad para aquellas personas que viertan sustancias que pueden dañar los cuerpos de agua y las sanciones respectivas:

TÍTULO II

De los delitos contra el ambiente

CAPÍTULO I

De la Degradación, Envenenamiento, Contaminación y demás Acciones o Actividades capaces de causar daños a las Aguas

Artículo 28. *Vértido ilícito.- El que vierta o arroje materiales no biodegradables, sustancias, agentes biológicos o bioquímicos, efluentes o aguas residuales no tratadas según las disposiciones técnicas dictadas por el Ejecutivo Nacional, objetos o desechos de cualquier naturaleza en los cuerpos de las aguas, sus riberas, cauces, cuencas, mantos acuíferos, lagos, lagunas o demás depósitos de agua, incluyendo los sistemas de abastecimiento de aguas, capaces de degradarlas, envenenarlas o contaminarlas, será sancionado con prisión de tres (3) meses a un (1) año y multa de trescientos (300) a mil (1.000) días de salario mínimo.*

En el Título II de los delitos contra el ambiente, Capítulo II, en el artículo 35 se establece la responsabilidad para aquellas personas que descarguen sustancias que pueden causar al Medio Lacustre, Marino y Costero y las sanciones respectivas:

CAPÍTULO II

Del Deterioro, Envenenamiento, Contaminación y demás Acciones o Actividades capaces de causar daño al Medio Lacustre, Marino y Costero

Artículo 35. *Descargas contaminantes.- El que descargue al medio lacustre, marino y costero, en contravención a las normas técnicas vigentes, aguas residuales, efluentes, productos, sustancias o materiales no biodegradables o desechos de cualquier tipo, que contengan contaminantes o elementos nocivos a la salud de las personas o al medio lacustre, marino o costero, será sancionado con prisión de tres (3) a doce (12) meses y multa de trescientos (300) a mil (1.000) días de salario mínimo.*

Para los efectos de esta Ley, el medio lacustre, marino y costero comprende las playas, Mar Territorial, suelo y subsuelo del lecho marino y Zona Económica Exclusiva.

En el Título II de los delitos contra el ambiente, Capítulo II, en el artículo 43 se establece la responsabilidad para aquellas personas que viertan sustancias que pueden causar daño al suelo o subsuelo y las sanciones respectivas:

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

CAPÍTULO III

De la degradación, alteración, deterioro, contaminación y demás acciones capaces de causar daños a los suelos, la topografía y el paisaje

Artículo 42. *Actividades y objetos degradantes.- El que vierta, arroje, abandone, deposite o infiltre en los suelos o subsuelos, sustancias, productos o materiales no biodegradables, agentes biológicos o bioquímicos, agroquímicos, objetos o desechos sólidos o de cualquier naturaleza, en contravención de las normas técnicas que rigen la materia, que sean capaces de degradarlos o alterarlos nocivamente, será sancionado con arresto de tres (3) meses a un (1) año y multa de trescientos (300) a mil (1.000) días de salario mínimo.*

2.4.4 Criterios de Ambiente Propuestos en el Análisis de Criticidad:

Los valores establecidos en la tabla guía para el análisis de criticidad evalúan el impacto ambiental tomando en cuenta que ocurran daños a terceros y cualquier daño ambiental, sin especificar su clasificación. Los criterios propuestos para Ambiente se basan en estimar las consecuencias de los daños ambientales ocasionados por un derrame, el volumen de crudo derramado y el tiempo que dura la recuperación de dicho derrame.

Los nuevos criterios evalúan el impacto ambiental soportado en las definiciones, costos asociados a la recuperación del derrame y los aspectos legales descritos anteriormente.

Los criterios de tolerancia de PDVSA para riesgo social establecen 3 categorías para el caso de derrame de crudo: Severo, Mayor y Catastrófico. Cada una de estas categorías tiene un rango de recuperación establecidos en años:

<i>Daño Ambiental</i>	<i>Tiempo de Recuperación.</i>
<i>Severo</i>	<i>1 a 5 años</i>
<i>Mayor</i>	<i>Más de 5 años</i>
<i>Catastrófico</i>	<i>Irreversible</i>

Otra clasificación que tiene PDVSA en cuanto a los derrames de crudo, es la activación de los planes de emergencia para recolectar los derrames en función del volumen derramado de crudo y la responsabilidad local, regional, nacional e internacional de limpieza.

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Plan de Emergencia/Contigencia

Volumen de crudo Derramado (en bbl)

<i>Internacional</i>	<i>Más de 15,000</i>
<i>Nacional</i>	<i>15,000 - 60,000</i>
<i>Regional</i>	<i>100 - 15,000</i>
<i>Local</i>	<i>1 - 100</i>

En la tabla 2.6 se muestran los criterios que son usados en la actualidad para estimar el impacto en ambiente en el análisis de criticidad, se observa que se asigna un valor de 30 puntos cuando la respuesta es afirmativa y 0 cuando la respuesta es negativa, dando como resultado que exista una sobreestimación o subestimación en los valores para las consecuencias ambientales.

En este sentido se recomienda un criterio que permita definir cuál es el daño y cuáles sus costos asociados. Es por ello que cuando se proponen los nuevos criterios para evaluar el ambiente en el análisis de criticidad, se hace con referencia al volumen de los derrames de crudo que se han presentado en las instalaciones, ya que como se ha visto anteriormente los derrames tienen costos asociados que pueden ser contabilizados y medidos.

Tabla 2.6 Criterios Actuales en el Análisis de Criticidad para el Impacto Ambiental

IMPACTO AMBIENTAL - Daños a terceros, fuera de la instalación	Puntuación
SI	30
NO	0

Fuente: Manual de Introducción a la Confiabilidad Operacional, CIED, Tamare.

En la tabla 2.7 se observan los nuevos valores propuestos para la evaluación del impacto ambiental, con estos nuevos valores se asigna una puntuación para casos específicos de derrames sobre la base del volumen de crudo derramado y el tiempo empleado para su recuperación como: menor, severo, mayor y catastrófico.

Es importante recalcar que se introducen cambios en las categorías con respecto a los rangos establecidos en los criterios de tolerancia de PDVSA para riesgo social, en los criterios propuestos en la tabla 2.7, se incluyen los derrames que tienen tiempos de recuperación menores de 1 año y se establece como daño irreversible aquellos derrames que sobrepasan los 10 años en

tiempo de recuperación.. Adicionalmente, se realizaron cambios en las categorías para la activación de los planes de contingencia, considerando como evento catastrófico la activación del Plan Nacional de Contingencia Contra Derrames de Hidrocarburos.

Con esta nueva clasificación, se logra relacionar el volumen de crudo derramado con el tiempo de recuperación, lo que permite que se evalúe de una forma más detallada los derrames que ocurren en diferentes lapsos de tiempo.

Tabla 2.7 Criterios propuestos en el Análisis de Criticidad para el Impacto Ambiental.

IMPACTO EN EL AMBIENTE			Puntuación
Catastrófico	Más de 15.000 BBL	Recuperación >10 años	30
Mayor	100 - 15.000 BBL	Recuperación de 5 a 10 años	21
Severo	10 - 100 BBL	Recuperación de 1 a 5 años	15
Menor	1 - 10 BBL	Recuperación de 1 mes a 1 año	3
Ninguna	-	-	0

Fuente: Elaboración Propia.

Para realizar la equivalencia, se consideró la mayor consecuencia con una puntuación de 30, igual a 10 en una escala de 1 a 10. Para el resto de las consecuencias se calculó la puntuación, tomando la asunción anterior como base (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 Criterios propuestos en el Análisis de Criticidad para el Impacto Ambiental, según la Valoración.

Consecuencia Específica	Valor	Puntuación en base a 30
Catastrófico	10	30
Mayor	7	21
Severo	5	15
Menor	1	3
Ninguna	0	0

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, el personal encuestado para dar respuestas al Impacto Ambiental en el Análisis de Criticidad, tendrá la posibilidad de basar su respuesta en los casos de accidentes de derrames que hayan ocurrido anteriormente en la instalación.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En la figura 2.2, se realiza una comparación entre los criterios actuales y los criterios propuestos, donde se puede observar como los nuevos criterios relacionan las pérdidas y daños al ambiente con relación al volumen de crudo derramado y el tiempo empleado en su recuperación.

Al comparar el criterio actual afirmativo con los propuestos, se observa que el primero relaciona daños a terceros y daños al ambiente de forma muy genérica, lo cual resulta no estar en línea con la idea de la administración de riesgos, cuya finalidad es identificar la presencia y naturaleza de los mismos.

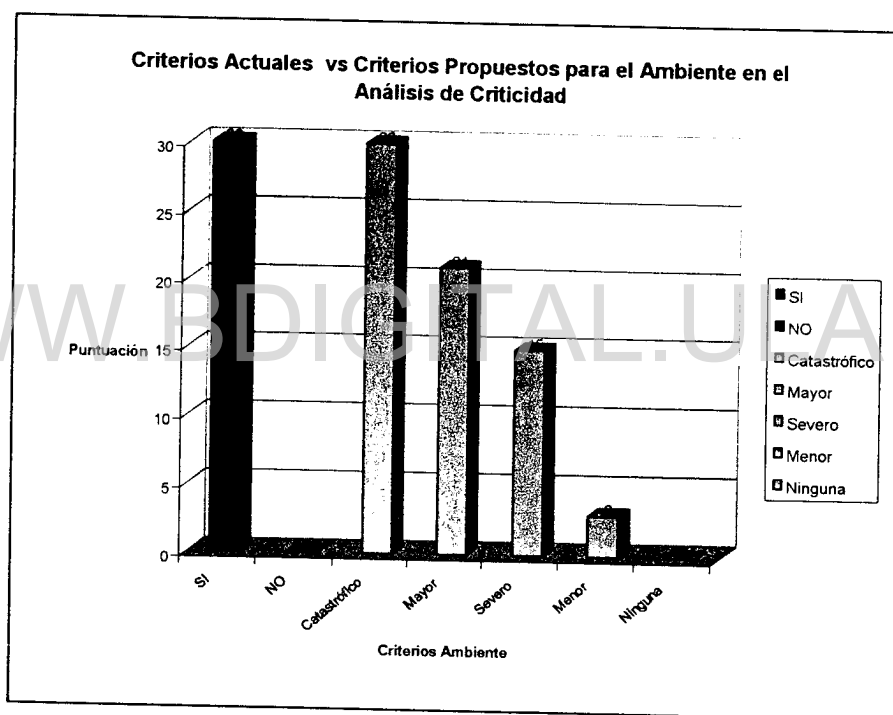


Figura 2.2. Criterios propuestos vs Criterios Actuales usados en Criticidad para evaluar los daños al Ambiente.

2.5. CRITERIOS PROPUESTOS PARA EVALUAR EL IMPACTO EN SEGURIDAD, Y AMBIENTE EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

El objeto fundamental de realizar el cambio de los criterios en el análisis de criticidad es que permite que se tenga una mejor visualización de las consecuencias en estas áreas y de los

costos asociados que pueden ser medidos y cuantificados. Además, los criterios propuestos permiten que las respuestas de los usuarios se ajusten a casos específicos de consecuencias.

Es necesario recordar que el análisis de criticidad es un análisis cualitativo y cuya función principal es jerarquizar a las instalaciones, sistemas o equipos de una forma rápida y sencilla, en base a las apreciaciones de los trabajadores. No pretende ser rígido en cuanto a los resultados, sino que trata de que las decisiones que se tomen en base a los riesgos sean más acertadas.

De todos es conocido que los riesgos significan incertidumbre, y que la administración de los riesgos requiere de la participación de todos y cada uno dentro de una compañía. Los riesgos pueden ser minimizados con medidas de control efectivas y a través de la estimación cualitativa ó cuantitativa cuando se tiene la data disponible. Todo esto repercute en la ejecución de las actividades de mantenimiento que requieren ser desarrolladas con el mayor grado de confiabilidad, y de esta manera evitar las posibles consecuencias de los riesgos identificados en el área de Seguridad, Higiene y Ambiente.

En la tabla 2.9 se muestran los criterios propuestos para evaluar el impacto en la Seguridad y el Ambiente durante la ejecución de un análisis de criticidad para un determinado sistema y/o instalación.

Tabla 2.9 Criterios propuestos en el Análisis de Criticidad para el Impacto en Seguridad y Ambiente

IMPACTO EN SEGURIDAD		Puntuación
1 o más Fatalidades y Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y permanente, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (Pérdidas > 5 MM\$)	35
Lesión que ocasiona Incapacidad absoluta y temporal, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (5MM\$>Pérdidas > 0.5 MM\$)	25
Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y permanente, con pérdida de tiempo y Lesión que ocasiona Incapacidad parcial y temporal, con pérdida de tiempo	Incendio y/o Explosión (0.5MM\$>Pérdidas > 0.1 MM\$)	11
Lesión reportable sin pérdida de tiempo.	Incendio y/o Explosión (0.1MM\$>Pérdidas > 0 MM\$)	4
Ninguna	-	0

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

IMPACTO EN EL AMBIENTE			Puntuación
Catastrófico	Más de 15.0000 BBL	Recuperación >10 años	30
Mayor	100 - 15.0000 BBL	Recuperación de 5 a 10 años	21
Severo	10- 100 BBL	Recuperación de 1 a 5 años	15
Menor	1 - 10 BBL	Recuperación de 1 mes a 1 año	3
Ninguna	-	-	0

Fuente: Elaboración propia

2. 5. 1 Escenarios posibles en la Detección de Oportunidades para la toma de decisiones:

Los escenarios de los criterios actuales y propuestos se obtienen a partir de la aplicación de la guía de criticidad (Tabla 1.3) y las variaciones propuestas para los criterios de evaluación del Impacto en Seguridad y Ambiente (tabla 2.9), donde se asigna la puntuación correspondiente según el escenario evaluado.

Ejemplo:

Escenario 1=SI, FMy y CMy, Respuesta Afirmativa para Seguridad y Ambiente, Frecuencia Máxima e Impacto Máximo en los Costos de Reparación y Nivel de producción

Respuesta afirmativa para Impacto en Seguridad=35

Respuesta afirmativa para Impacto en Ambiente=30

Frecuencia Máxima=6

Impacto Máximo en los costos Reparación=25

Nivel Producción=12

Tiempo Promedio para Reparar=6

Impacto en Producción=1

Aplicando la ecuación de criticidad:

$Criticidad = Frecuencia\ de\ la\ Falla * Consecuencias\ del\ Impacto\ Operacional\ Asociado$

$Criticidad = 6 * (12 * 6 * 1 + 25 + 35 + 30) = 972$

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Donde:

- *Consecuencia del Impacto Operacional Asociado* = Impacto en Producción + Impacto en Reparación + Impacto en Seguridad + Impacto en Ambiente.
- *Impacto en Producción* = Tiempo Promedio Para Reparar * Impacto en Producción * Nivel de Producción.

Cada escenario evaluado se presenta a continuación, los valores en la tabla 2.10 muestran la criticidad para cada escenario, su consecuencia operacional asociada y su frecuencia de falla., estos valores fueron obtenidos aplicando la ecuación de criticidad en cada escenario, según el ejemplo anterior

ESCENARIOS POSIBLES

Nombre del Escenario

Criterios Actuales Escenarios

- *Respuesta Afirmativa para Seguridad y Ambiente, Frecuencia Máxima e Impacto Máximo en los Costos de Reparación y Nivel de producción* SI, FM_y y CM_y
- *Respuesta Negativa para Seguridad y Ambiente, Frecuencia Máxima e Impacto Mínimo en los Costos de Reparación Nivel de Producción.* No, FM_y y CM_y
- *Respuesta Afirmativa, Frecuencia Mínima e Impacto Mínimo en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.* SI, FM_n Y C_{Mn}
- *Respuesta Negativa, Frecuencia Mínima e Impacto Mínimo en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.* No, FM_n y CM_n

Criterios Propuestos Escenarios

- *Respuesta Afirmativa para un evento Catastrófico y Tipo 1, Frecuencia Máxima e Impacto Máximo en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.* Mayor FM_y y CM_y
- *Respuesta Afirmativa para un evento Mayor y Tipo 2, Frecuencia Máxima e Impacto Máximo en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.* Mayor Medio FM_y y CM_y
- *Respuesta Afirmativa para un evento Severo y Tipo 3, Frecuencia Máxima e Impacto Máximo en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.* Menor Medio FM_y y CM_y
- *Respuesta Afirmativa para un evento Menor y Tipo 4, Frecuencia Máxima Impacto Máximo en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.* Menor FM_y y CM_y
- *Respuesta afirmativa para Ninguno en Seguridad y Ambiente, Frecuencia Máxima, Impacto Máximo en los Costos de Reparación y Nivel de Producción* Ninguno FM_y y CM_y
- *Respuesta Afirmativa para un evento Catastrófico y Tipo 1, Frecuencia Mínima e Impacto Mínimo en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.* Mayor FM_n y CM_n
- *Respuesta Afirmativa para un evento Mayor y Tipo 2, Frecuencia Mínima e Impacto Mínimo* Mayor Medio FM_n y CM_n

Licencia Creative Commons:

en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.

- *Respuesta Afirmativa para un evento Severo y Tipo 3, Frecuencia Mínima e Impacto Mínimo* Menor Medio FMn y CMn en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.
- *Respuesta Afirmativa para un evento Menor y Tipo 4, Frecuencia Mínima e Impacto Mínimo* Menor FMn y CMn en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.
- *Respuesta Afirmativa para Ninguno en Seguridad y Ambiente, Frecuencia Mínima e Impacto Mínimo* Ninguno FMn y CMn en los Costos de Reparación y Nivel de Producción.

La tabla 2.10 muestra los valores de los escenarios posibles en función de la combinación de la frecuencia con la consecuencia, para cada caso:

Tabla 2.10 Escenarios Posibles en función de la criticidad, consecuencia de los costos y frecuencia.

Escenarios Posibles de los Criterios Actuales				
Escenarios	Criticidad (Costos)	Consecuencias	Frecuencia	Criticidad
SI, FMy y CMy	972	162	6	Alta
SI, FMn Y C Mn	97	27	1	Media
No, FMy y CMy	18,3	3,05	6	Baja
No, FMn y CMn	3,05	3,05	1	Baja
Escenarios Posibles de los Criterios Propuestos				
Escenarios	Criticidad (Costos)	Consecuencias	Frecuencia	Criticidad
Mayor FMy y CMy	972	162	6	Alta
Mayor Medio FMy y CMy	858	143	6	Alta
Menor Medio FMy y CMy	738	123	6	Alta
Menor FMy y CMy	660	110	6	Alta
Ninguno FMy y CMy	3,05	3,05	1	Media
Mayor FMn y CMn	90,05	90,05	1	Media
Mayor Medio FMn y CMn	49,05	49,05	1	Media
Menor Medio FMn y CMn	29,05	29,05	1	Media
Menor FMn y CMn	16,05	16,05	1	Media
Ninguno FMn y CMn	3,05	3,05	1	Media

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, cuando se realiza la comparación de los escenarios posibles que resultan de la criticidad en base a los criterios actuales contra los criterios propuestos, se observa que hay mayor opción de oportunidades en la toma de decisiones para evaluar seguridad y ambiente, en los escenarios de los criterios propuestos, que cuando se toman las decisiones en base a los criterios actuales, debido a que los segundos presentan menos alternativas para la toma de

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

decisiones en base a los costos asociados con la seguridad y el ambiente. Esto se observa claramente en la figura 2.3 donde se muestran los diferentes escenarios para los criterios propuestos y los criterios actuales.

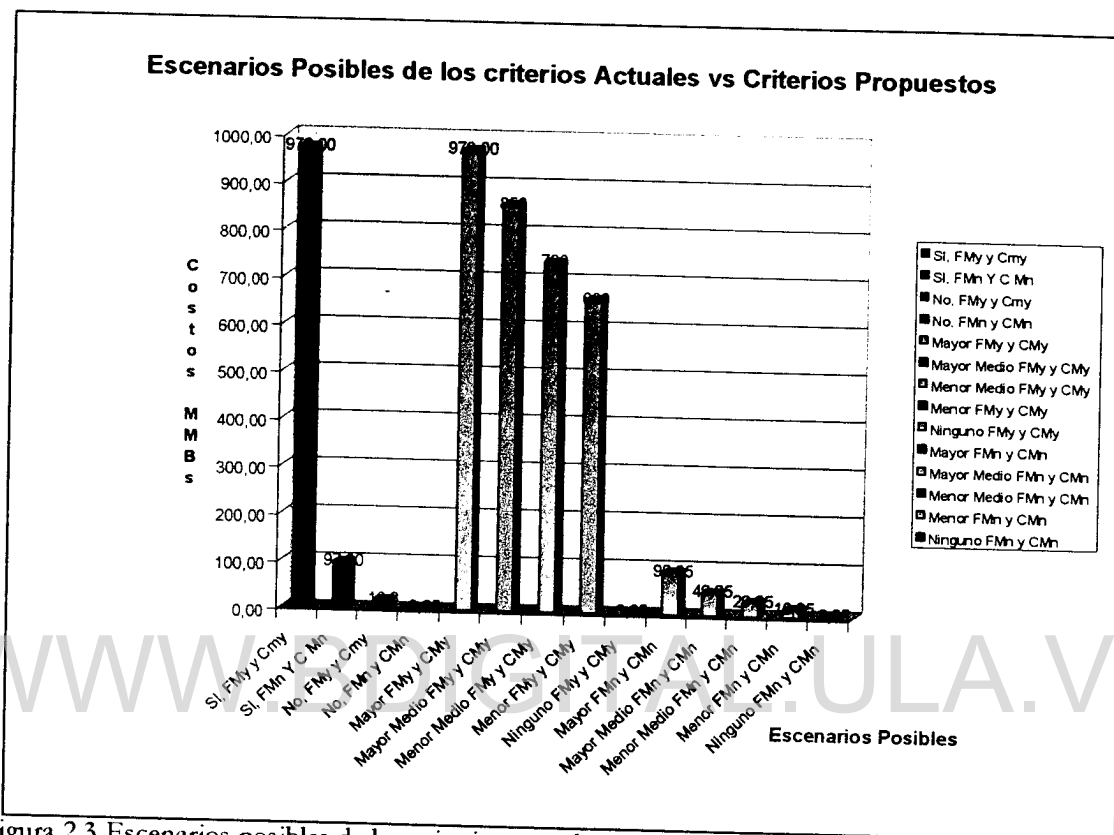


Figura 2.3 Escenarios posibles de los criterios actuales contra los escenarios posibles de los criterios propuestos.

La Figura 2.4 muestra los escenarios posibles de los criterios actuales contra los criterios propuestos en forma de matriz, donde la criticidad de los escenarios viene dada por su Frecuencia y Consecuencia. De esta manera, se observa como la jerarquización de instalaciones varía en base a las frecuencias y las consecuencias que están asociadas para un determinado escenario.

La Figura 2.4 muestra los escenarios posibles de los criterios actuales (CA) contra los criterios propuestos (CP).

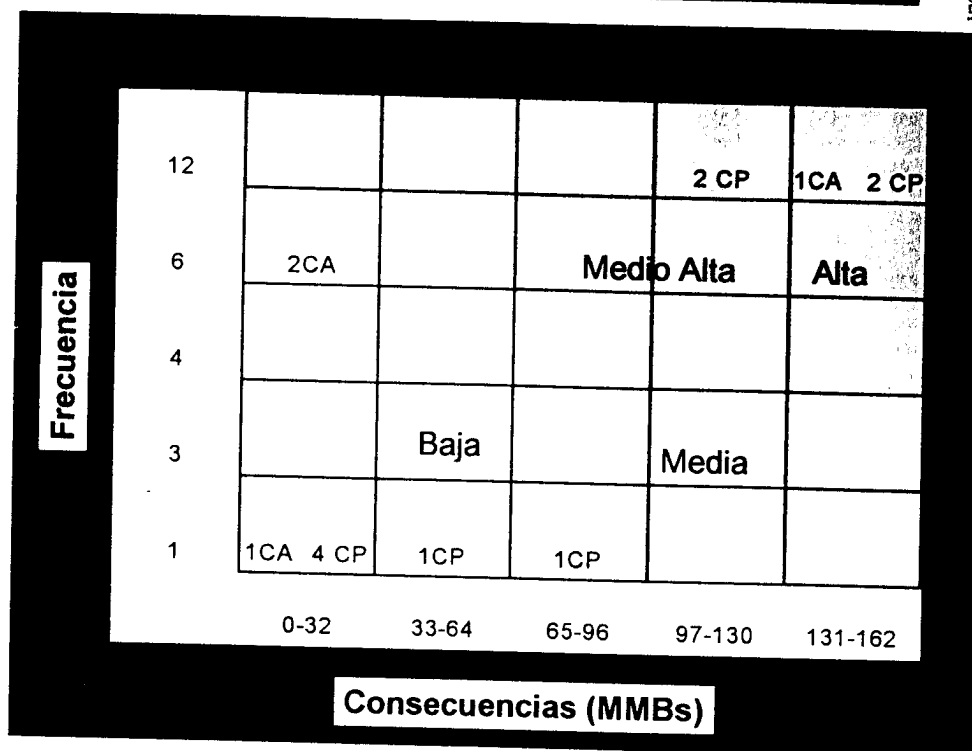


Figura 2.4 Representación gráfica de los escenarios en una matriz de riesgo.

Por lo tanto, determinar la criticidad en función de las consecuencias, permite información más confiable que sustente la toma de decisiones en las tareas de mantenimiento. Adicionalmente, cuando se poseen más alternativas para el impacto en seguridad y ambiente, se observa como la criticidad puede variar y ya no sólo está sujeta a los posibles escenarios de SI y No de los criterios actuales; sino que ahora se tienen casos específicos que permiten estimar el riesgo de una forma más acertada para la seguridad y el ambiente dentro de dichos análisis.

CAPITULO 3

PROCEDIMIENTOS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL Y ANALISIS DE RIESGOS

CAPITULO 3

Integración de Procedimientos de Confiabilidad Operacional y Analisis de Riesgo

En este capítulo se muestra el análisis realizado a los procedimientos de confiabilidad operacional, el alcance del estudio de evaluación se delimitó a las técnicas más utilizados en la industria petrolera:

- Análisis de Criticidad.
- Análisis Causa Raíz (ACR).
- Inspección Basada en Riesgos (IBR).
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).

Al evaluar las fases de los procedimientos y determinar la necesidad de aplicación o consulta de una técnica de Análisis de Riesgo, se recomendó la aplicación de la misma, esto se muestra en negrillas y entre comillas.

3.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

a) Integrar el Equipo Natural de Trabajo (ENT), el cual debe estar conformado por personas con diferentes funciones dentro de la organización a la que pertenezca el proceso a evaluar, con alta disposición a la optimización de los procesos, actitud proactiva, fuerte conocimiento en su pericia específica y visión global del proceso.

La conformación básica del ENT es la siguiente:

Facilitador: es el asesor metodológico especialista en la aplicación de la herramienta.

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Ingeniero de procesos: persona con visión global de los procesos, tiene los conocimientos para asociar y controlar todo lo que ocurre en el sistema, monitorear los cambios y las desviaciones de las variables principales.

Especialista: son los expertos en el área de estudio.

Programador: posee una visión sistémica de las diferentes actividades y los recursos necesarios para el cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Mantenedor: personal con experticia en la inspección y reparación de los componentes, con conocimiento real de la vida promedio de los equipos.

Operador: persona con amplios conocimientos en el uso y manejo de equipos y sistemas, con una visión práctica de lo que ocurre en la instalación.

b) El ENT debe Identificar las instalaciones o sistemas del proceso a evaluar; definir un alcance y propósito para el análisis.

c) Para las organizaciones donde no existe una identificación evidente de cual proceso es el más crítico, aplicar la técnica en primer lugar por tipo de instalación (por proceso), luego en segundo lugar para obtener la jerarquía de plantas que integran cada tipo de instalación y finalmente aplicarlo a los sistemas que lo integran.

d) El ENT debe elaborar el diagrama Entrada – Proceso – Salida (EPS) y el diagrama Funcional del proceso a estudiar. Los procesos deben estar claramente diferenciados en función de su razón o función principal (figura 3.1).

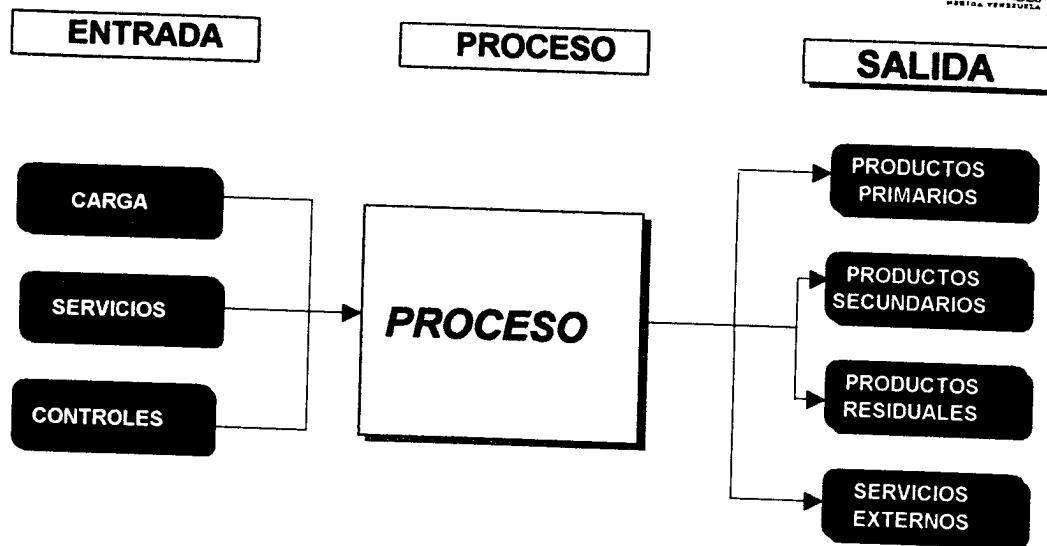


Figura 3.1 Diagrama Entrada – Proceso - Salida representado en el nivel más sencillo

e) El Facilitador deberá explicar los parámetros de la tabla de valores de criticidad (Tabla No. I.3 Guía de criticidad) a todos los integrantes del ENT. Esta tabla utiliza rangos de valores para los criterios de análisis (previamente descritos en el capítulo 1), con la finalidad de no requerir data 100 % precisa y trabajar con buenos estimados del equipo de trabajo.

f) El ENT debe identificar las estadísticas e historiales requeridos. El historial de fallas y estadísticas utilizada debe ser para un mismo período, una manera de recolectar la información necesaria es a través del sistema de encuestas aplicada a los operadores y técnicos de la instalación, agrupados por cuadrillas de trabajo.

“Se recomienda la revisión de estadísticas de accidentes y derrames para la cuantificación de los parámetros en la guía de criticidad”.

g) Para cada instalación o sistema del proceso se evalúa la criticidad de cada sistema en función de la probabilidad de ocurrencia y de las consecuencias de una falla en el mismo, a través de los criterios previamente descritos, utilizando como referencia la “Tabla 1.3 Guía de Criticidad”, al aplicar esta guía se identifican los rangos en los cuales se ubica el comportamiento

de la instalación o sistema, estos datos deben ser vaciados por cada uno de los entrevistados en la "Encuesta de Evaluación de Criticidad" mostrado en la Tabla 3.1.

"Se recomienda la evaluación del impacto en Seguridad y Ambiente a través de los parámetros de la Tabla 2. 9".

h) Luego de tener la puntuación de cada parámetro se calculan los valores de criticidad de cada encuesta, este cálculo debe ser realizado por el facilitador del ENT y por el coordinador del Mantenimiento de Confiabilidad Operacional (MCO) respectivo. Para el cálculo del valor de criticidad se utiliza la ecuación que viene expresada de la siguiente forma:

$$\text{Criticidad} = \text{Frec. de Falla} * \{(\text{Nivel de Prod.} * \text{TPPR} * \text{Imp. en Prod.}) + \text{Costo Rep.} + \text{Imp. Amb.} + \text{Imp. Seguridad}\}$$

Tabla 3.1 Encuesta de evaluación de criticidad para una instalación y/o sistemas.



Gerencia de Ingeniería de Mantenimiento
Supt. de Confiabilidad Operacional
Encuesta de Evaluación de Criticidad

AREA		Propósito de este trabajo: La información recolectada servirá para estandarizar la priorización de trabajos asociados al MCO PLUS y en el futuro para priorizar Ordenes de Trabajo de Mantenimiento y Operaciones, Proyectos de Inversión, Mantenimiento Extraordinario y Repuestos.
PERSONA ENTREVISTADA		
FECHA		

Nivel de Prod. de la Instalación

4

	Frecuencia de Falla (Peso)	Impacto Producción (Peso)	TPPR (Peso)	Costo de Reparación (Peso)	Impacto Seguridad (Peso)	Impacto Ambiente (Peso)	Criticidad
Sistema 1	4	6	2	5	0	0	212
Sistema 2	3	4	2	10	0	0	126
Sistema 3	1	8	2	5	35	30	134
Sistema 4	3	8	1	5	0	0	111
Sistema 5	1	6	1	25	0	0	49
Sistema 6	4	4	2	5	0	0	148
Sistema 7	3	8	2	5	0	0	207
Sistema 8	3	6	2	10	0	0	174
Sistema 9	3	4	1	5	0	0	63

Fuente: Procedimiento de Criticidad bajo ISO 9000. Ingeniería de Confiabilidad. PDVSA Occidente.

i) Una vez recopiladas las encuestas se deben totalizar los valores de criticidad en la Tabla de resultados (Tabla 3.2), donde el Equipo Natural de Trabajo debe evaluar los resultados en función de la puntuación obtenida y su desviación estándar.

Tabla 3.2 Encuesta de evaluación de criticidad jerarquizada.

 GERENCIA DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO SUPERINTENDENCIA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL RESULTADOS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS			
Sistema	Promedio	Desviación Estándar	Desviación Promedio
Sistema 5	225.0	127.0	117.3
Sistema 10	225.0	80.6	76.0
Sistema 7	196.0	15.6	14.7
Sistema 1	192.7	23.9	22.4
Sistema 6	178.3	70.7	65.1
Sistema 3	150.7	40.9	37.6
Sistema 2	137.0	15.6	14.7
Sistema 8	123.3	61.4	57.6
Sistema 4	103.0	11.3	10.7
Sistema 9	91.3	40.1	37.8

Fuente: Procedimiento de Criticidad bajo ISO 9000. Ingeniería de Confiabilidad. PDVSA Occidente.

j) De los resultados que se obtengan, después de aplicar la ecuación de criticidad se clasificarán los sistemas analizados en alta, media, o baja criticidad, según sea el caso, lo que va a permitir seleccionar la posible metodología del MCO a aplicar.

La Figura 3.2 muestra el procedimiento para el análisis de criticidad, en la parte derecha de la figura se incluyen los cambios propuestos que mejoran la evaluación del impacto en seguridad y ambiente.

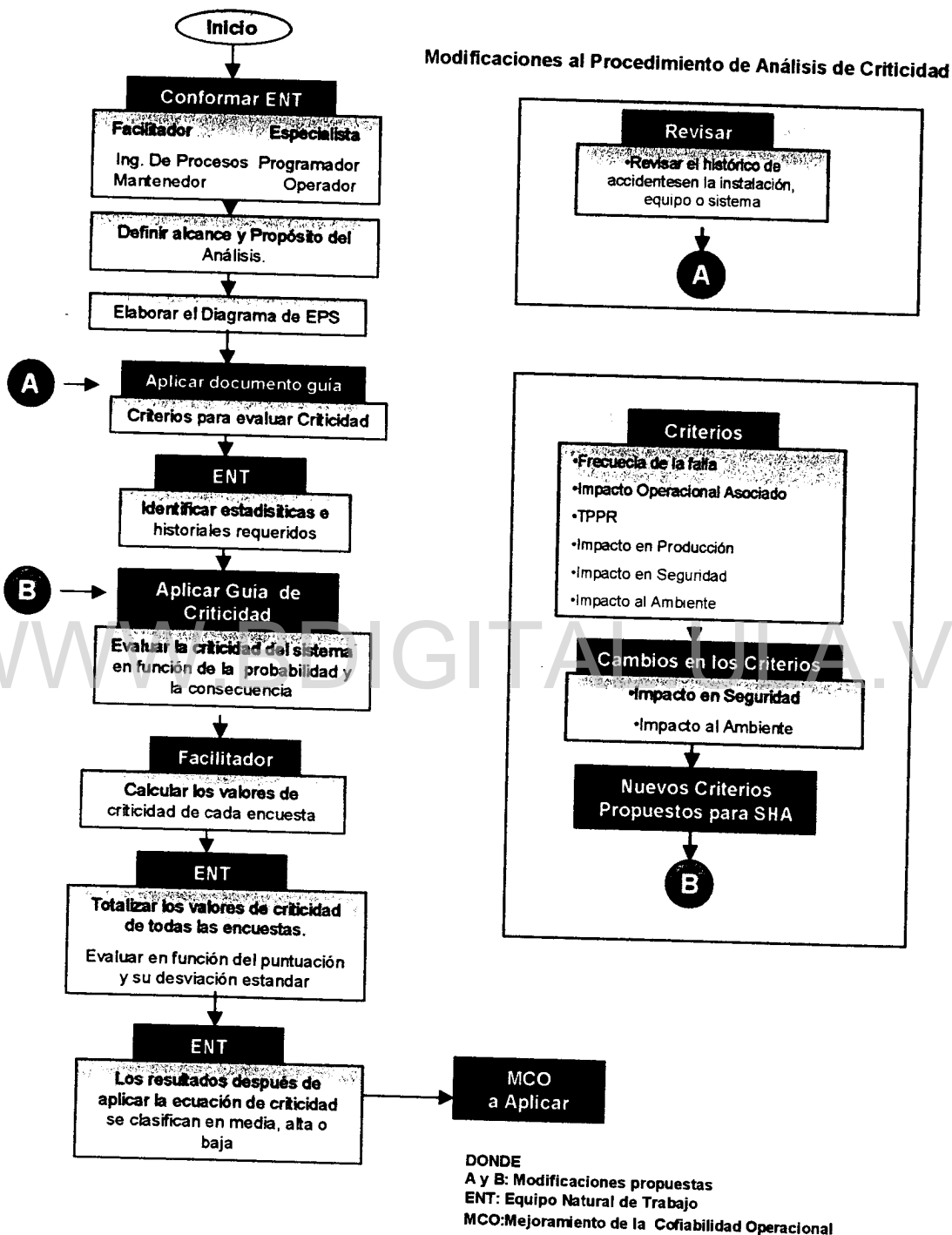


Figura 3.2 Procedimiento para la aplicación del Análisis de Criticidad, con los cambios propuestos

3.2.- PROCEDIMIENTO PARA UN ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (ACR)

a) Conformar el Equipo Natural de Trabajo (ENT), el cual deberá estar integrado por personas con diferentes funciones dentro de la organización, las cuales puedan aportar ideas y soluciones. Las razones para no descartar a ninguna persona son que cada una aprende del proceso y las mejores ideas surgen de aquellas personas que no están involucradas con el evento.

El equipo típico para un ACR está comprendido por: un líder de equipo, un facilitador, personal de operaciones, ingeniero de procesos, personal de mantenimiento y personal experto en la materia en análisis.

Los miembros del equipo deben ser imparciales y necesitan estar enfocados en hallar la(s) causa(s) raíz(ces) latente(s) o asociadas a la organización. Se recomienda un equipo de 5 a 8 personas. Es importante anexar a este equipo, personal que esté directamente relacionado con las fallas que se estén analizando. Entre éstos pueden citarse Operadores y Mantenedores

b) El facilitador deberá explicar al equipo de ACR las razones por la cual debe realizarse el estudio. Enfatizar que el propósito del análisis no es encontrar culpables, sino aquellas causas básicas que originan una falla o problema con el fin de solucionarlas, evitando así su recurrencia, ya que al analizar las causas que originaron una falla o problema e implantar soluciones, se estará previniendo que el problema ocurra en el mismo equipo/sistema o en uno similar

c) Realizar una identificación de los problemas de cada área o instalación y cuantificar su impacto utilizando herramientas de análisis.

“Se recomienda incluir en este análisis la revisión de árboles de eventos, árboles de fallas y análisis cuantitativo de riesgos, que se hayan realizado en la instalación, con el objeto de focalizar los esfuerzos en la solución de los problemas que generen mayor riesgo al personal, las operaciones y el ambiente”.

Los problemas recurrentes deberán listarse, en forma jerarquizada por su impacto, compuesto por la suma de los costos de mantenimiento y pérdidas de oportunidad (penalización por producción diferida, fuera de especificaciones, entre otros). La selección de los problemas a analizar debería seguir la secuencia de esta lista. Normalmente se fija un período de tiempo para la frecuencia de fallas de cada familia (normalmente un año) y se jerarquizan aquellos con mayor número de fallas para ese período.

El Impacto asociado a un problema estará representado por la probabilidad de que ese problema se comporte de manera similar en el futuro es decir, su impacto será una predicción, conocida como Exposición al Riesgo y se calculará multiplicando la Probabilidad de Falla (PF) por la Consecuencia de la Falla (CF) o la Frecuencia de Falla (FF) por la Consecuencia de la Falla.

c) El ENT deberá identificar y determinar la información necesaria para llevar a cabo el análisis: planos, base de datos de mantenimiento, manuales de operación, manuales de instrucción, estadísticas de accidentes, listas de verificación y revisiones de seguridad aplicadas en los equipos, bibliografía, etc.

d) Una vez entendido el propósito del análisis, el facilitador deberá explicar la metodología a utilizar para realizar la secuencia de eventos. Dentro de las metodologías existentes para realizar los ACR, PDVSA ha seleccionado la conocida como Árbol Lógico, cuyo nombre comercial es PROACT de la empresa Reliability Center Inc (RCI).

Este método organiza la cadena de Causas y Efectos desde el evento de falla o problema que se analiza, hasta llegar a las causas más básicas que producen el problema. Estas cadenas no son rectas, sino que se presentan como ramas de un árbol y por eso el método es llamado Árbol Lógico.

e) Para el evento tope analizado y sus modos de falla desarrollados por el equipo, se deberán listar los factores o hipótesis posibles que podrían contribuir de alguna manera con el evento no deseado, haciendo las preguntas siguientes: ¿cómo puede?, ¿Por qué?. Las hipótesis deberán ser evaluadas a través de una tormenta de ideas, dejando que el grupo aporte cualquier

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

idea sobre el evento no deseado, así como la condición o cualquier cosa que pueda contribuir al análisis.

Cada hipótesis validada por el ENT se convertirá en una Causa, sobre la cual se generarán nuevas hipótesis. Así, el árbol continuará su crecimiento sobre bases bien sustentadas. En el anexo 2, se muestra un ejemplo de árbol lógico para un evento: fallas recurrentes de bombas y modos de falla: fallas de sellos y rodamientos.

f) El ENT deberá evaluar y chequear la organización y el orden lógico del árbol o diagrama desarrollado para el evento tope.

g) En la última fase del árbol, pueden observarse varios aspectos fundamentales del árbol lógico: primero, se encuentra la Causa Raíz Física (CRF) de las fallas, la cual puede ser solventada para resolver y evitar que la falla se produzca nuevamente, segundo le sigue una Causa Raíz Humana (CRH) y esto se basa en el hecho de que toda falla lleva detrás el error humano. La CRH no debe ser usada para penalizar a la gente, a menos que se demuestre que la falla se escapa de la clasificación de “error honesto” o error sin intención.

“Si el programa SBC (Sistema Basado en Conducta) se está aplicando en la instalación, se recomienda realizar las observaciones realizadas al personal en el lugar de trabajo”.

El uso primordial que tiene la CRH es para guiar el camino hasta la(s) Causa(s) Raíz(ices) Latente(s) (CRL), las cuales son descubiertas al hacer la pregunta ¿Por qué la persona produce el error?. Estas causas se refieren a aspectos Organizacionales o de Sistemas Gerenciales no resueltos, generalmente referidos a alguno de los siguientes renglones: Procedimientos, Diseño, Administración del Mantenimiento, Aspectos culturales, Compromiso, Orden y Limpieza, Adiestramiento, entre otras.

h) El producto final del árbol lógico será un grupo de causas raíces físicas y latentes a las cuales se les asignará una acción correctiva. Las CRH solo serán tomadas en cuenta en casos excepcionales, cuando se demuestre una mala práctica voluntaria o negligencia.

i) Deberá tomarse en cuenta que, en la mayoría de los casos, los ACR's derivan una serie de recomendaciones que pueden requerir o no aplicar la totalidad de las mismas por lo que se recomienda realizar el Análisis Costo Beneficio Riesgo (ACBR) para justificar las acciones que requieran inversiones o gasto considerables, que escapen del mantenimiento rutinario. La figura 3.3 muestra el diagrama para el procedimiento ACR, a la derecha de la figura se incluyen las técnicas de Análisis de Riesgo recomendadas.

j) Una vez finalizado el ACR se requerirá la elaboración de un Informe, el cual debe ser revisado y aprobado por el ENT. Este informe generalmente contiene:

- Resumen ejecutivo
- Introducción
- Secuencia de eventos
- Investigación e información del análisis (Causas Físicas, Humanas y Latentes)
- Conclusiones
- Recomendaciones y/o matriz de recomendaciones con beneficios económicos y personal responsable por ejecutarlas
- Aspectos no resueltos.
- Anexos (Árbol lógico, gráficos, información de respaldo, etc.)

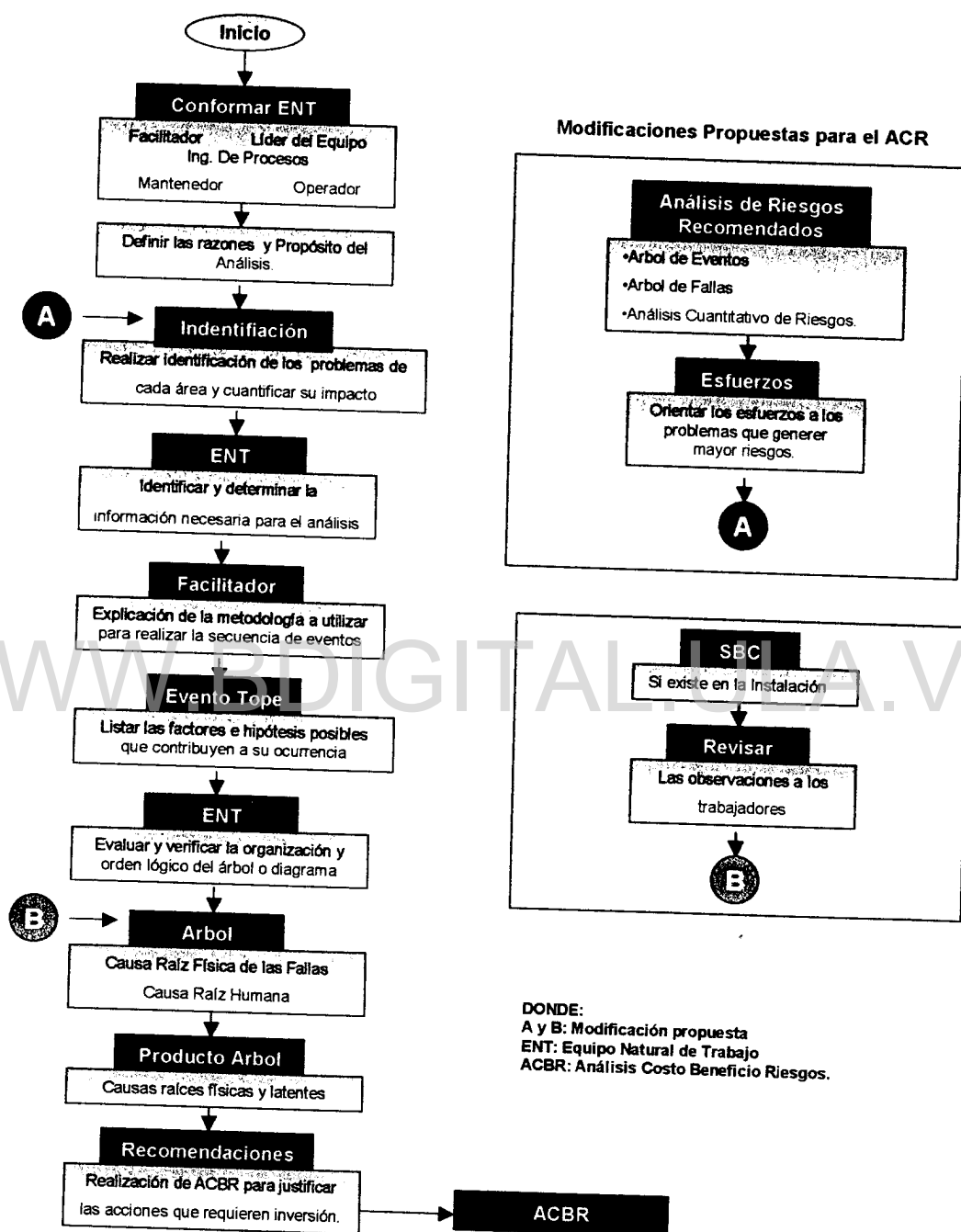


Figura 3.3 Procedimiento para la aplicación del Análisis Causa Raíz, con las técnicas de Análisis de Riesgos.

3.3- PROCEDIMIENTO PARA APLICAR INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO (IBR)

a) Conformar el Equipo Natural de Trabajo (ENT) para realizar el estudio de IBR, este grupo deberá estar integrado por todas aquellas personas que están involucrados con el proceso o sistema a analizar.

b) El facilitador deberá explicar al grupo de IBR las razones por la cual debe realizarse el estudio.

c) Identificar y determinar la información necesaria para llevar a cabo el análisis, para lo cual se recomienda llevar una hoja de información de los equipos (anexo 3) la cual debe contener información específica del equipo sobre:

- Información general de la instalación.
- Información de los materiales y equipo.
- Información del proceso
- Información de Mantenimiento e Inspección.
- Información de los Sistemas de Seguridad.

d) Seleccionar los equipos de proceso o sistemas para aplicar el análisis cualitativo Nivel 1. La American Petroleum Institute (API) ha desarrollado 3 niveles de riesgo basados en inspección, para así clasificar y jerarquizar los riesgos asociados con los equipos de proceso o sistemas.

NIVEL 1: IBR cualitativo. Utiliza un formato simple de selección para jerarquizar el equipo de proceso dentro de una matriz 5*5 . Dada su simplicidad, el nivel 1 es fácil y rápido de desarrollar, pero estima los riesgos de forma medianamente conservadora. Por lo tanto el nivel 1 de IBR es significativo para demostrar la metodología API y hacer una primera estimación de los equipos con mayor nivel de riesgo asociado.

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

e) Evaluar los aspectos de seguridad, salud, ambiente e interrupción del negocio, según el Manual API IBR.

“Se recomienda desarrollar una lista de verificación con los aspectos de seguridad, higiene y ambiente a evaluar en la instalación o apoyarse en los análisis HAZOP o What if realizados a la instalación”.

f) En la evaluación realizada para cada equipo o unidad de proceso, se le da un valor de 1 a 5 para la probabilidad y de A hasta E para las consecuencias, obteniendo como resultado el lugar de riesgo del equipo o unidad de proceso dentro de una matriz 5*5 .

g) Al visualizar los resultados en la matriz 5*5, el equipo decide qué nivel de IBR aplicar a los equipos o unidades de procesos a través de los resultados del riesgo asociado al equipo. (figura 3.4)

La imagen muestra una matriz 5x5 con el título 'Matriz 5*5 del Análisis IBR Cualitativo (Nivel 1)'. El eje vertical se etiqueta 'Categoría de la Probabilidad' con valores 5, 4, 3, 2, 1. El eje horizontal se etiqueta 'Categoría de Consecuencias' con valores A, B, C, D, E. El contenido de la matriz es el siguiente:

5	6	4	3	1	1
4	8	6	4	3	2
3	9	9	7	5	2
2	10	11	8	7	5
1	12	12	11	11	11
	A	B	C	D	E

Figura 3.4. Matriz 5*5 del Análisis IBR Cualitativo (Nivel 1)

Bajo riesgo conocido ó Bajo riesgo.

Se difiere el análisis hasta que las unidades de alto riesgo estén evaluadas.

Determinar si requerirá un IBR cuantitativo

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Alto riesgo conocido ó Alto riesgo.

Candidato para un análisis IBR cuantitativo.

Es importante recalcar, que cuando se aplica el análisis cualitativo IBR a equipos similares, los resultados varían de forma sorprendente, ya que esto obedece a factores como la proximidad del equipo a la comunidad, tipo de producto que se maneja, proximidad con otros equipos, existencia de válvulas de aislamientos, integridad mecánica, entre otros. Todos estos aspectos y muchos más pueden tener un valor significativo en el riesgo total asociado con cada unidad de proceso.

h) Una vez obtenidos los equipos con alto riesgo se procede a realizar una jerarquización semicuantitativa del riesgo a través de la aplicación de un nivel 2.

NIVEL 2: IBR Semicuantitativo. El cual es un método intermedio entre el Nivel 1 y Nivel 3. Este método también utiliza una matriz 5*5 para dar los resultados obtenidos de la jerarquización de los equipos con más altos riesgos. En este nivel se profundiza más, y por lo tanto lleva más tiempo en completarse, pero resulta más preciso y evita una jerarquización medianamente conservadora, como es el caso del nivel 1.

Este método contiene muchos de los aspectos vitales del nivel 3 de IBR, pero hace numerosas simplificaciones en las suposiciones, con lo cual se reduce el tiempo y el esfuerzo para recolectar la data y conducir el análisis.

i) Para aplicar este nivel se debe estimar la probabilidad de falla exclusivamente sobre los mecanismos potenciales de daños.

j) Estimar las consecuencias recolectando información sobre la data disponible. Los cálculos de consecuencias se simplifican por medio de la clasificación de los equipos en diferentes categorías, no se utilizan cálculos detallados de equipos o inventario de tamaño de tuberías.

k) Graficar los resultados obtenidos en una matriz 5*5, donde se le otorga el lugar del equipo dependiendo del riesgo asociado. Si algunos de los equipos posee un nivel de riesgo alto, se procede entonces a aplicar el nivel 3.

NIVEL 3: IBR Cuantitativo. Este nivel es el más detallado y preciso de los tres para jerarquizar el riesgo individual del equipo en una unidad de proceso. En el nivel 3 se calculan y asignan valores específicos a las consecuencias y probabilidades de las fallas, con lo que se otorga un valor a cada equipo dentro de la unidad de proceso. Usualmente, el nivel 3 se usa para equipos que han sido jerarquizados con alto riesgo en el nivel 2.

l) La cuantificación del riesgo puede ser calculada utilizando el software APT Inspection cuya función principal es la identificación de frecuencias óptimas de inspección. De forma manual se puede realizar a través del siguiente procedimiento:

- Calcular la frecuencia de falla genérica (FFG) de cada equipo en estudio. Esta puede ser obtenida a partir de datos disponibles.
- Calcular la frecuencia de falla ajustada (FFA), que se calcula modificando la FFG:

$$FFA = FFG * F_E * F_M$$

Donde: F_E es el factor de integridad específico del equipo

F_M es el factor de gerencia de seguridad que afecta la integridad mecánica.

- Estimar el deterioro del equipo, para lo cual se usan modelos técnicos que estiman el F_E en función del mecanismo de corrosión, la inspección efectiva, el tipo de daño, etc.
- Estimar las consecuencias considerando: el tamaño de los equipos y los dispositivos instalados. El tamaño del orificio y la probabilidad de la liberación continua o instantánea de una determinada sustancia tóxica para un período, está relacionado con el tamaño y tipo de evento potencial. Se toma para el cálculo del tamaño del orificio 4 eventos, desde 1/4" hasta la ruptura total. Para el caso de eventos inflamables se determina si el evento es capaz de producir una nube de vapor explosiva, un fogonazo, una bola de fuego, una piscina incendiada o una nube con dispersión segura.

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



- Estimar las consecuencias de interrupción del negocio en función a las pérdidas o paradas de equipos, después de ocurrir el evento. El costo de efectos ambientales puede ser incluido en casos donde la liberación de sustancias tóxicas o derrames afecte a terceros.
- Realizar el análisis de riesgos, para lo cual la expresión matemática es:

$$\text{Riesgo}_E = C_E * F_E$$

Donde: E = Escenario anticipado.

C_E = Consecuencia para cada escenario.

F_E = Frecuencia anticipada para cada escenario.

La frecuencia F_E se calcula usando la Frecuencia de Falla ajustada (AFF).

El riesgo para cada pieza del equipo (tanque, circuito de tuberías, etc.) es la sumatoria de todos los riesgos calculados para los 4 tamaños de orificios.

$$\text{Riesgo}_{\text{Equipo}} = \sum_E \text{Riesgos}_E$$

Donde: Riesgo_E = Riesgo para cada escenario (1/4", 1", 4" y ruptura total).

$\text{Riesgo}_{\text{Equipo}}$ = Riesgo Total de cada pieza del equipo.

Las unidades del riesgo se expresan en términos del área potencial dañada por eventos tóxicos o inflamables (área/año), o por las pérdidas potenciales como interrupciones del negocio o daños ambientales mayores (Bs Perdidos/año). La figura 3.5. muestra el procedimiento para realizar la cuantificación del riesgo dentro del Análisis IBR Cuantitativo.

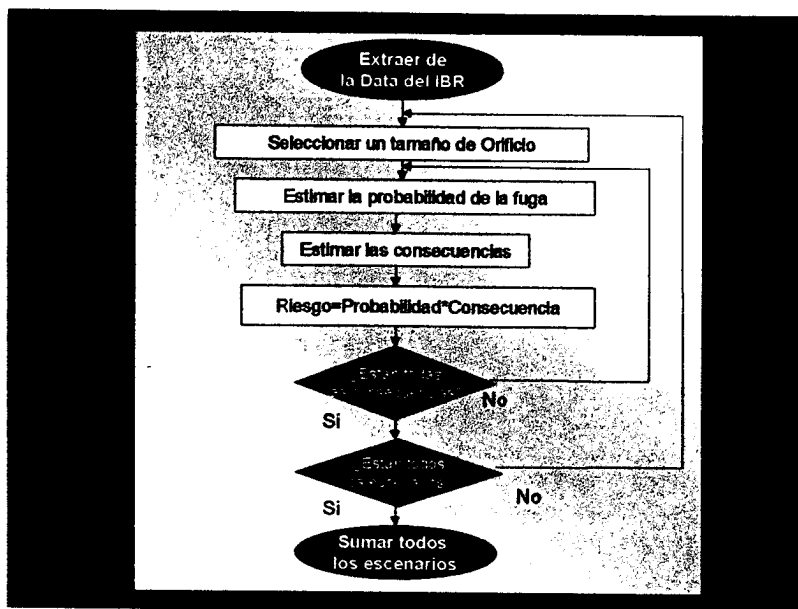


Figura 3.5 Procedimiento para realizar la cuantificación del riesgo dentro del Análisis IBR Cuantitativo.

m) Una vez calculado el riesgo total para cada equipo, se comienza con el proceso en la toma de decisiones en función de los equipo clasificados como de alto riesgo. Esto permite orientar los esfuerzos y recursos para reducir el riesgo.

n) Optimización del plan de inspección, la frecuencia de inspección puede ser ajustada o calculada usando herramientas o el software APT inspection destinados para tal fin.

“Se recomienda validar los resultados obtenidos usando el Software APT Inspection en la cuantificación del riesgo, con el Software Canary utilizado por la organización de Seguridad, Higiene y Ambiente”.

o) Implantación del plan optimizado. Se realizan las inspecciones a los equipos, se analizan los resultados y la información obtenida se introduce otra vez en el proceso IBR, para determinar como el riesgo total de cada pieza del equipo cambia, cuando se efectúan cambios en

Licencia Creative Commons:

las actividades de inspección. En la figura 3.6 se muestra el procedimiento para realizar un análisis IBR cuantitativo.

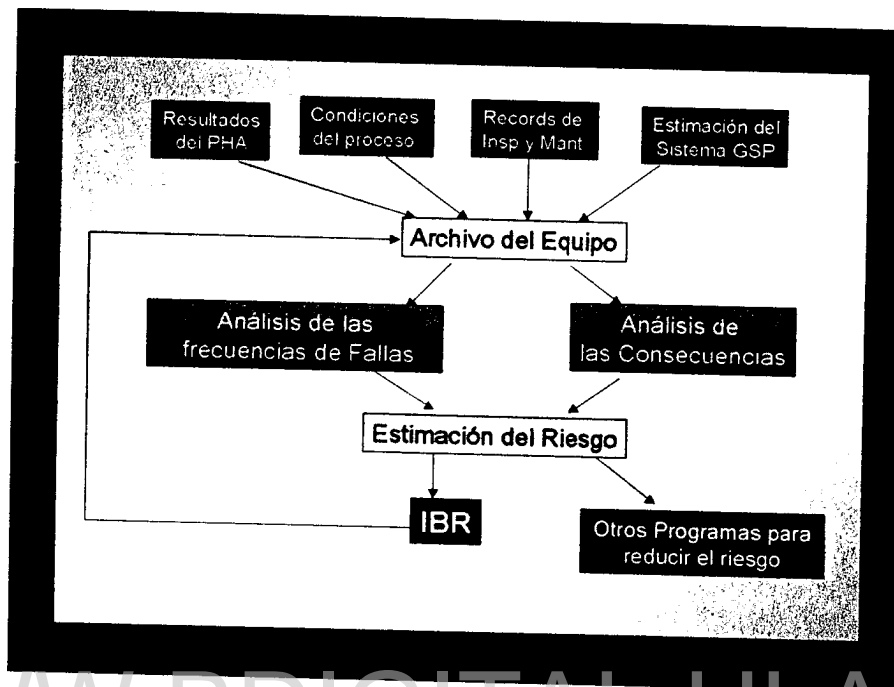


Figura 3.6 Procedimiento para realizar un análisis IBR Cuantitativo.

p) Elaborar un informe del análisis IBR, el cual deberá contener la jerarquización del riesgo (combinación de la probabilidad y la consecuencia de la falla) de los equipos y una lista de los equipos clasificados por su probabilidad y consecuencia de falla. Esto permite al grupo visualizar y centrarse en aquellos aspectos específicos que conducen al riesgo total, y entender como el riesgo total esta influenciado principalmente por la probabilidad y consecuencia de la falla. Este entendimiento es vital para el proceso en la toma de decisiones sobre los niveles de riesgo asociados con cada equipo.

p) El reporte final tendrá la jerarquización del riesgo de cada pieza para los tres niveles de la actividad de inspección:

- Plan de inspección mínimo
- El nivel actual de inspección

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Nivel óptimo de inspección.

Los tres puntos anteriores permiten que el grupo entienda como los diferentes programas de inspección con diferentes niveles de actividad de inspección afectan los niveles de riesgos a través de la modificación de la probabilidad de falla.

La figura 3.7 se muestra el diagrama para el procedimiento IBR integrado con las técnicas de Análisis de Riesgo.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

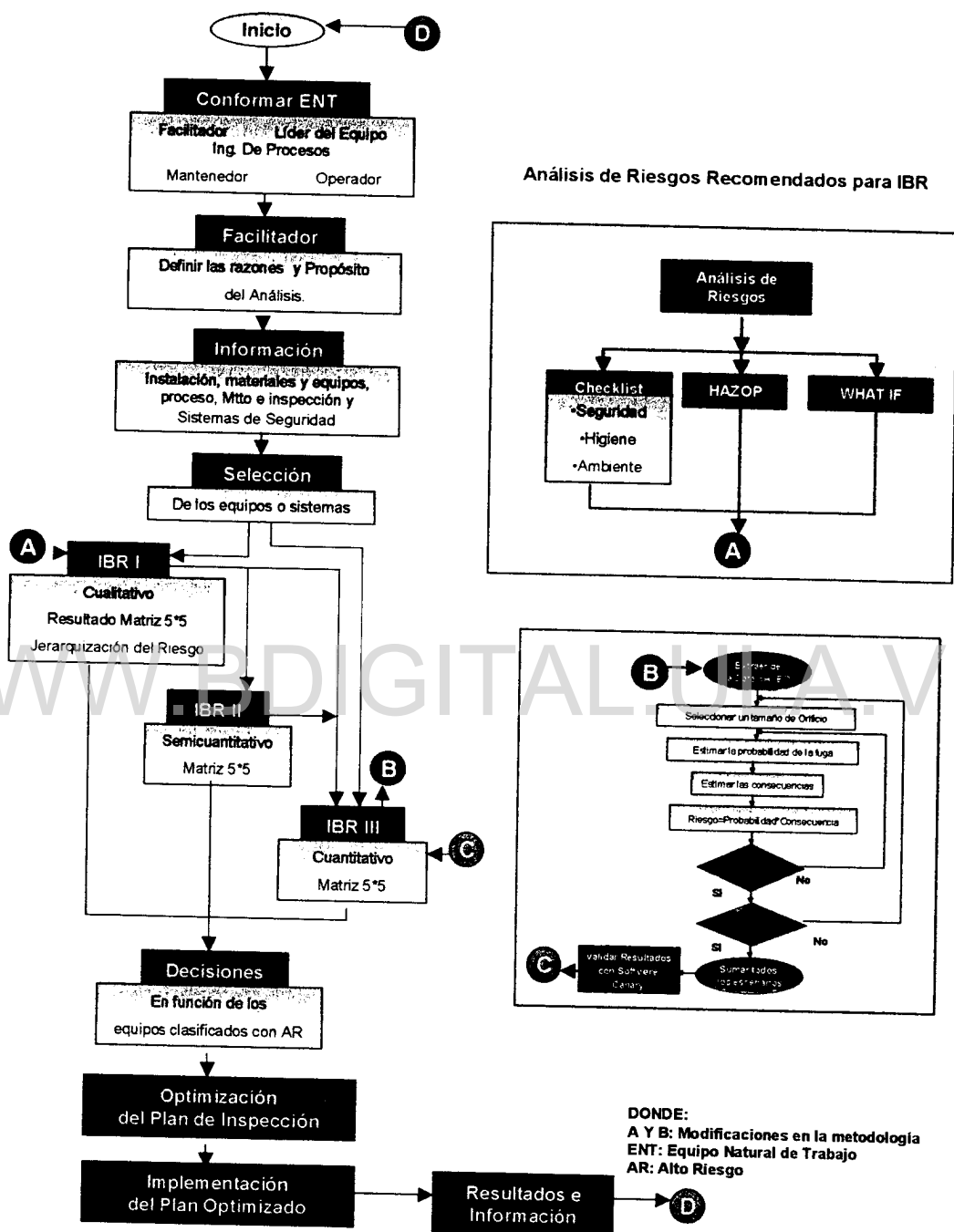


Figura 3.7 Procedimiento para la aplicación de IBR, con las técnicas de Análisis de Riesgos.

3.4.- PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA APLICAR MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC)

a) Conformar el Equipo Natural de Trabajo (ENT), encargado de realizar el análisis MCC, este equipo debe estar integrado por personal de mantenimiento, operaciones, así como un facilitador especialista en la metodología MCC. El grupo deberá definir y especificar los objetivos y el alcance del análisis.

b) Seleccionar los equipos o unidades de procesos donde el MCC pueda brindar beneficios, para esta selección se emplean los resultados de criticidad. Los sistemas o equipos con altas tasas de fallas, altos costos de producción y mantenimiento, altos índices de accidentalidad o que requieran una cantidad importante de horas hombres, son potenciales candidatos para la implantación del MCC..

c) Recabar y recopilar un conjunto de datos e información de la instalación para redactar y actualizar su contexto operacional. Obtener el inventario físico, arreglos, esquemas operacionales y políticas de mantenimiento vigentes para conocer y entender para que fue diseñada, como está operando y en que condiciones se encuentra.

Recopilar información sobre el propósito del sistema, sus límites, descripción del proceso (planos esquemáticos, manejo y valores de variables involucradas, entre otras), listado de equipos y componentes; en especial los dispositivos de seguridad, recursos disponibles y metas a corto plazo deben recopilarse para lograr una visión global de lo que hacen y se desea hacer con los equipos.

“Se recomienda al ENT recopilar los informes de HAZOP, What if o árbol de eventos realizados a la instalación, esto le permitirá facilitar la elaboración de los diagramas EPS, diagramas funcionales y los análisis de los modos y efectos de falla (AMEF)”.

d) Desarrollar los Diagramas Entrada Proceso Salida (EPS), según Woodhose Partnership Ltd (1997), el Diagrama Entrada, Proceso y Salida, es una herramienta que facilita la visualización del sistema, para su posterior análisis.

e) Desarrollar una hoja de información donde se de respuesta a las siguientes preguntas básicas:

- ¿ Cuáles son las funciones que deseamos que cumpla la instalación?
- ¿ Cuándo perdemos las funciones deseadas?
- ¿ Cuáles son las causas de la pérdida de las funciones?
- ¿ Cuáles son los efectos inmediatos de las pérdidas de las funciones?
- ¿ Qué consecuencias al personal, medio ambiente y al negocio se producen al perder las funciones?

Un formato típico donde se incluyen las respuestas a estas interrogantes se muestra en la tabla 3.3. Cuando se listan los diferentes modos de falla, debido a los cuales se pierden las funciones, hay que realizar un esfuerzo para identificar las verdaderas causas raíces. En el enfoque MCC el efecto se refiere a la descripción de la secuencia de eventos lógicos que se producen en el proceso una vez que se presentan las fallas e incluye sus consecuencias en el ámbito de daños a empleados, terceros, medio ambiente, equipos, dificultades en la operación de todo el sistema y los costos asociados. Esta fase se conoce como el AMEF (Análisis de los modos y efectos de falla).

Tabla 3.3 Formato Típico para incluir la información solicitada en el MCC

HOJA DE INFORMACION MCC			
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	CAUSA FALLA	EFFECTOS Y CONSECUENCIAS

Fuente: I Seminario Técnico de Seguridad, Higiene, Ambiente y Compresión de Gas de la Asociación Venezolana de Procesadores de Gas (AVPG).

f) Responder las dos siguientes preguntas considerando el contenido de las hojas de información:

¿ Es posible, seguro y rentable prevenir las fallas?

¿ Qué pasa si no es posible, seguro y rentable prevenir las fallas?

g) Desarrollar un diagrama lógico de decisión que permita dar respuesta a las preguntas anteriores. El mismo contiene un orden jerárquico donde primero se tratan las consecuencias que se derivan de fallas ocultas (no son capaces de revelarse en condiciones normales de operación). Suelen ubicarse en dispositivos de seguridad y equipos de respaldo. Dado su alto impacto en la seguridad y confiabilidad de las operaciones, las fallas ocultas son atendidas con prioridad en el MCC.

El orden de importancia sigue con el tratamiento de las fallas evidentes que afectan a la seguridad del personal y al medio ambiente.

“Se recomienda la revisión de las estadísticas de accidentes para obtener información más confiable acerca de los accidentes generados por un determinado modo de falla”.

Posteriormente se analizan los modos de fallas evidentes que sólo pueden afectar la operación de la instalación (producción, suministro a clientes, calidad de productos, entre otros.) y por último aquellas causas de fallas, también evidentes, que solo tienen efectos en el ámbito económico (conocidas como consecuencias no operacionales).

h) Para cada consecuencia que origine un determinado modo de falla el orden prioritario para eliminarla o reducir su probabilidad de ocurrencia es la aplicación de una actividad predictiva, seguida de una preventiva (De reacondicionamiento o sustitución de partes) o correctiva sí y solo sí su aplicación es factible, reduce a un nivel tolerable el riesgo y/o su costo de aplicación no afecta la rentabilidad del mantenimiento.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

La figura 3.8 muestra en forma esquemática una hoja de decisiones de MCC típica.

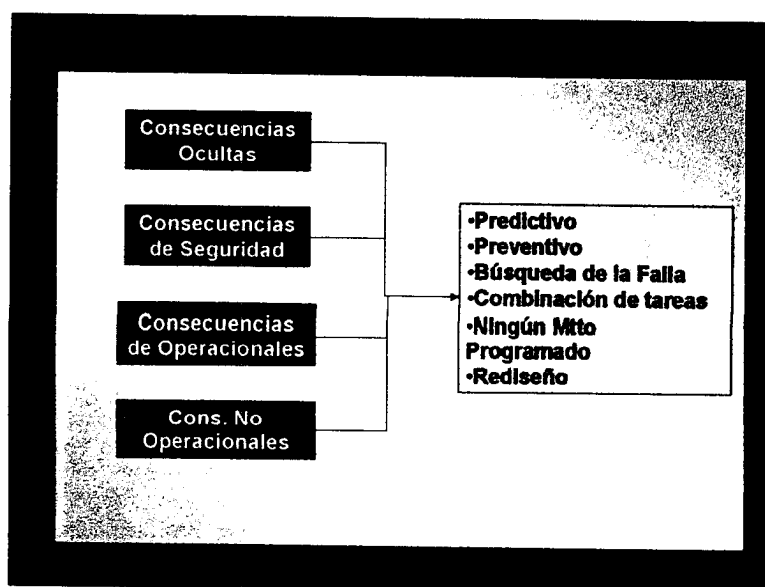


Fig. 3.8 Formato para la toma de decisiones en el MCC.

i) Elaborar el plan de mantenimiento en función de las decisiones acordadas por los miembros del equipo natural de trabajo, quienes presentan y defienden sus ventajas ante los respectivos niveles supervisorios.

La figura 3.9 muestra el diagrama para el procedimiento MCC, en la parte derecha de la figura se muestran las técnicas de Análisis de Riesgo recomendadas.

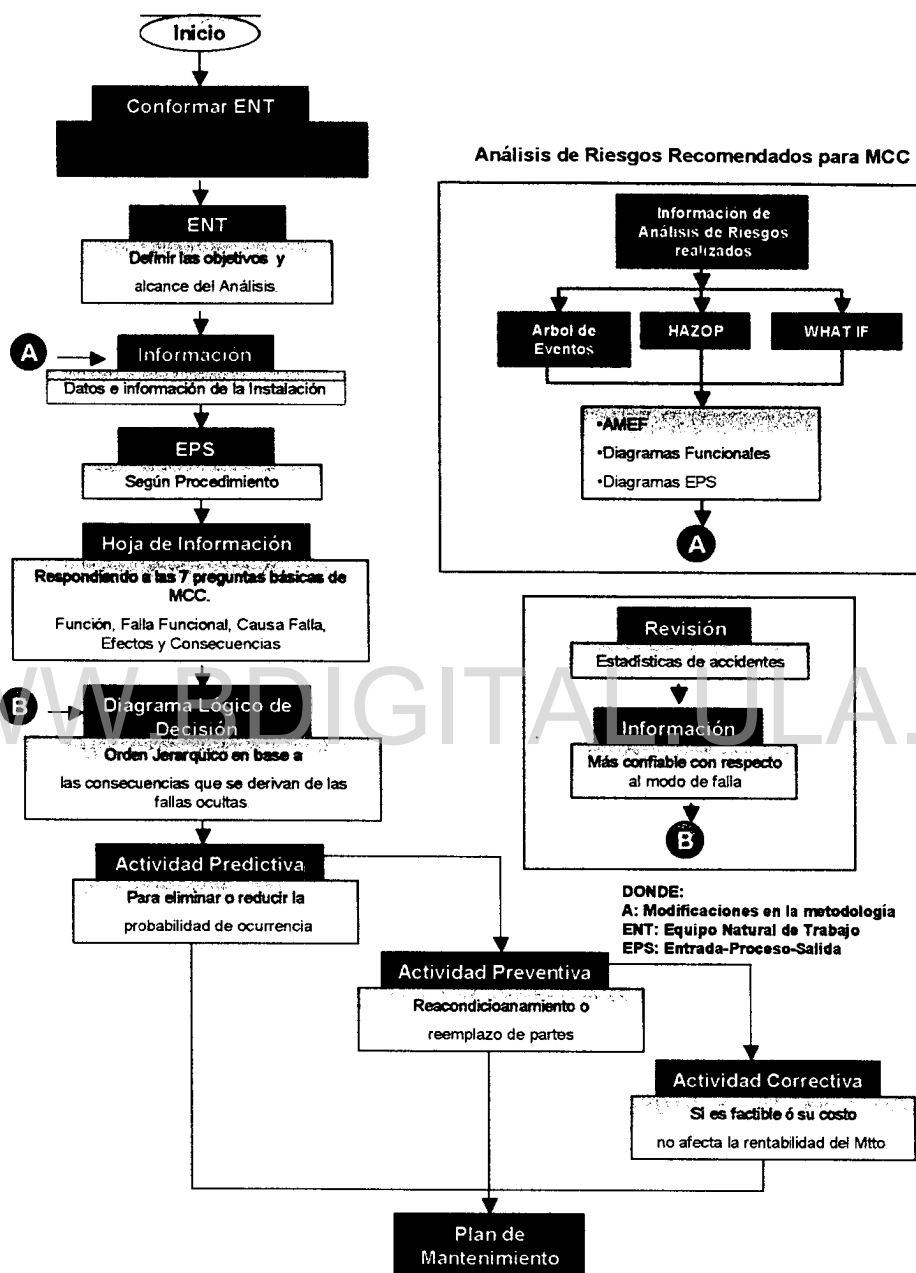


Figura 3.9. Procedimiento para la aplicación de MCC, con las técnicas de Análisis de Riesgos.

CAPITULO 4

APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS EN EL ANALISIS DE CRITICIDAD

CAPITULO 4

Aplicación de Nuevos Criterios en el Analisis de Criticidad

Para comparar los resultados de los criterios propuestos contra los utilizados actualmente en la evaluación del análisis de criticidad, se analizó un estudio de criticidad realizado por la organización de Ingeniería de Confiabilidad Operacional en Julio del 2000, a la Unidad de Explotación Tía Juana Lago perteneciente a PDVSA Exploración y Producción Occidente.

La aplicación de criticidad realizada por la organización de confiabilidad operacional, se realizó para cumplir con los siguientes objetivos:

- Establecer la jerarquización de las instalaciones que conforman la unidad de explotación Tía Juana Lago
- Establecer la jerarquización de los sistemas, que integran las estaciones de flujo de la unidad de explotación Tía Juana Lago
- Determinar posibles técnicas o métodos de estudios asociados al mejoramiento de la confiabilidad operacional a aplicar en las estaciones de flujo de la Unidad de Explotación de acuerdo al valor de criticidad obtenido
- Priorizar proyectos, inversión y mantenimiento asociados al mejoramiento de la confiabilidad operacional en las estaciones de flujo de la unidad de explotación Tía Juana Lago
- Optimización de planes de mantenimiento

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.1 GENERALIDADES DE LA UNIDAD DE EXPLOTACION:

La Unidad de Explotación (UE) Tía Juana Lago, es una organización de PDVSA Producción Occidente, creada para ejecutar y controlar todas las actividades involucradas en los procesos de extracción y producción de crudo, para lograr una mejor gestión sobre las operaciones y obtener una mayor rentabilidad de manera acorde a los lineamientos establecidos por PDVSA.

El área de operaciones de esta UE, se encuentra ubicada en el noreste del Lago de Maracaibo y abarca el campo Tía Juana del Campo Costanero Bolívar. Posee una capacidad de producción de 138 mil barriles diarios de crudo y un potencial de producción de 148 mil barriles diarios. Produce exclusivamente la segregación Tía Juana Mediano Lago (TM), la cual es enviada en su totalidad a la Refinería de Amuay para servir de base en la elaboración de lubricantes

Esta unidad de explotación esta formada por las siguientes instalaciones o sistema:

a) **Estaciones de Flujo (EF):** Son instalaciones de producción de la Industria Petrolera donde se recolecta, mide y distribuye la producción de crudo, gas y agua provenientes de múltiples de producción o directamente de los pozos. Estas instalaciones están conformadas por los siguientes sistemas: bombeo, almacenamiento, separación, depuración, inyección de química, sistema eléctrico, recepción de crudo (cañones), sistema de limpieza, instrumentación y control, protección catódica y sistema contra incendio.

b) **Plantas de Inyección de Agua (PIA):** Esta instalación se encarga del tratamiento del agua de inyección a los yacimientos, utilizada para el método de levantamiento artificial por agua. Esta instalación esta formada por los siguientes sistemas: Levantamiento o carga, filtración, tratamiento químico, desoxigenación, inyección de agua y equipos auxiliares.

c) **Pozo Balancín:** Esta instalación es utilizada para aplicar el método de levantamiento artificial de crudos viscosos y pesados que emplea principalmente una bomba de subsuelo de desplazamiento positivo y acción reciprocante, a la que se le suministra energía por

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

medio de una sarta de cabillas. Este equipo esta formado por los siguientes sistemas: Bombeo, eléctrico, entrega de crudo y protección catódica.

d) **Pozo Gas Lift:** Esta instalación es utilizada para aplicar el método de levantamiento artificial por gas, este método utiliza gas comprimido como fuente de energía para llevar los fluidos desde el reservorio hasta la superficie. Este sistema de levantamiento requiere la disponibilidad de una fuente segura de gas a alta presión. Esta formado por los siguientes sistemas: recepción de gas, sistema de instrumentación, entrega de crudo, y sistema de protección catódica.

e) **Pozo Bombeo Mecánico - BES (Bomba Eléctrosumergible):** Esta instalación es utilizada para ejecutar el método de levantamiento artificial por bombeo electrosumergible (BES), el cual tiene como principio fundamental levantar el fluido desde el yacimiento hacia la superficie, mediante rotación centrífuga de los impulsores de la bomba, lo que permite que el fluido ascienda a través de las etapas de los impulsores y llegue a la superficie con suficiente energía hasta la estación recolectora. Esta instalación esta formada por los siguientes sistemas: bombeo, eléctrico, instrumentación, plataforma BES, entrega de crudo y protección catódica.

f) **Pozo Bombeo Mecánico - BCP (Bomba de Cavidad Progresiva):** Esta instalación soporta la aplicación del método de levantamiento artificial, según el cual los fluidos se desplazan en forma helicoidal, desde la succión hasta la descarga, a través de las cavidades formadas por el arreglo del rotor y estator en la bomba. Está formado por los sistemas: bombeo, eléctrico, instrumentación, entrega de crudo y protección catódica.

g) **Pozo Inyector de Agua:** Esta equipo es utilizado para aplicar el método de levantamiento artificial de agua a los yacimientos. La inyección se realiza con la finalidad de reemplazar los volúmenes de petróleo extraídos del yacimiento, para mantener la presión de dicho yacimiento y facilitar el desplazamiento del crudo hasta la superficie. Esta formado por los siguientes sistemas: inyección y protección catódica.

h) **Múltiple de Producción con Separación:** En esta instalación el proceso del crudo se efectúa en las mismas condiciones y equipos que en una estación de flujo, excepto que

Licencia Creative Commons:

carece de tanques de almacenamiento y bombas para la transferencia de crudo. Esta instalación esta formada por los siguientes sistemas: separación, depuración, sistema de distribución, instrumentación y control, estructura y sistema de protección catódica

i) **Múltiple de Producción sin Separación:** Tiene un funcionamiento similar al múltiple o cañón de llegada en una estación, puede haber uno o vario de ellos. El crudo bifásico proveniente de los pozos llega al cañón de producción general y mediante una tubería bifásica va a una estación de flujo cercana hacia los separadores generales, donde ocurre el proceso de separación gas líquido. Esta constituido por los siguientes sistemas: distribución, estructura y protección catódica.

j) **Múltiple de Recolección de Gas:** Es el punto de distribución del gas proveniente de los sistemas de compresión para levantamiento artificial, hasta cada uno de los pozos productores por este método, en un sector determinado. Esta formado por los siguientes sistemas: distribución, regulación de presión, sistema eléctrico, estructuras y el sistema de protección catódica.

k) **Múltiple de Gas de Alta:** Es el punto de distribución del gas de alta proveniente de los sistemas de compresión para levantamiento artificial, hasta cada uno de los pozos productores por este método, en un sector determinado. Esta formado por los siguientes sistemas: sistema de distribución, sistema de instrumentación y control, sistema eléctrico, estructura y el sistema de protección Catódica.

l) **Múltiple de Gas Lift:** Es el punto de distribución del gas lift proveniente de los sistemas de compresión para levantamiento artificial, hasta cada uno de los pozos productores por este método, en un sector determinado. Esta formado por los siguientes sistemas: sistema de distribución, sistema de instrumentación y control, sistema eléctrico, estructura y sistema de protección Catódica.

m) **Múltiple de Bombeo de Petróleo:** Este es el punto donde convergen las líneas de recolección de crudo (líneas de Bombeo) de las estaciones de flujo. Pueden manejar crudos de diferentes segregaciones por líneas independientes y normalmente existen juegos de válvulas para separar o interconectar las diferentes tuberías en casos de emergencias por rotura de alguna de ellas. Esta formado por los siguientes sistema de Bombeo, Sistema Eléctrico, Sistema de distribución, Estructura y Sistema de Protección catódica.

n) **Múltiple Inyector de Agua (MIA):** Es el punto de distribución del agua proveniente de las plantas de inyección de agua hasta cada uno de los pozos productores por este método. Está formado por los siguientes sistemas: distribución, regulación Sistema de Inyección, Sistema de Distribución, Estructura y Sistema de Protección Catódica.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4.2 CASO DE ESTUDIO 1 JERARQUIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE LA UNIDAD DE EXPLOTACION TIA JUANA LAGO:

El caso de estudio 1 corresponde al análisis de criticidad realizado para la jerarquización de las instalaciones pertenecientes a la Unidad de Explotación (UE) Tía Juana Lago, para este estudio se muestra una parte A, correspondiente a la evaluación según los criterios actuales, y una parte B, correspondiente a los criterios propuestos.

CASO 1. PARTE A:

En la tabla 4.1 se muestran los resultados del análisis de criticidad con los criterios actuales, obtenidos para cada instalación en la Unidad de Explotación Tía Juana Lago. En esta tabla se resalta el valor obtenido de criticidad para un múltiple de alta presión (MAP) donde se observa un valor de 231 MMBs; este resultado fue obtenido sobre la base de los valores promedios de los parámetros evaluados en las encuestas. Analizando los valores del impacto para la instalación MAP, se observa que ésta tiene un valor promedio de seguridad de 21 y un valor promedio para ambiente de 18.

Tabla 4. 1. CASO 1. Parte A. Resultados de los Análisis de Criticidad en las instalaciones de la UE Tía Juana Lago.

Instalación	Frecuencia de Falla (Peso)	Nivel de Producción (Peso)	TPPR (Peso)	Impacto en Producción	Costo de Reparación (Peso)	Impacto Seguridad (Si / No)	Impacto Ambiente (Si / No)	Criticidad (MMBs)
Est. de Flujo	3,2	7,5	2,3	0,4	11,3	17,5	25,0	191
PIA	6,0	1,0	1,0	1,0	10,0	0,0	30,0	246
Pozo Balancin	3,5	3,0	3,3	0,7	25,0	17,5	22,5	251
Pozo Gas Lift	4,3	2,5	3,5	0,7	25,0	17,5	30,0	332
Pozo BES	4,0	4,0	2,6	0,6	8,8	14,0	18,0	187
Pozo BCP	2,8	3,0	2,8	0,6	7,4	14,0	24,0	141
Pozo Inv. Agua	3,0	1,0	1,0	0,3	3,0	0,0	30,0	100
M. P. con Sep.	2,4	3,6	2,8	0,5	17,6	14,0	18,0	132
M. P. sin Sep.	2,2	3,6	2,8	0,5	19,0	14,0	18,0	124
Mult. Rec. Gas	2,0	7,0	1,5	0,5	25,0	0,0	0,0	61
Mult. Gas Lift	3,8	5,6	2,6	0,8	16,2	21,0	18,0	253
MAP	3,4	7,2	2,4	0,7	16,6	21,0	18,0	231
Mult. Inv. Agua	4,0	1,0	1,0	0,3	3,0	0,0	30,0	133
Mult. Bombeo	2,2	6,0	2,8	0,7	14,6	21,0	24,0	156

Fuente: Gerencia de Servicios de Mantenimiento, superintendencia de confiabilidad operacional. Tía Juana Lago

La Figura 4.1, muestra la posición de la instalación MAP con respecto a las demás instalaciones, en función de la criticidad.

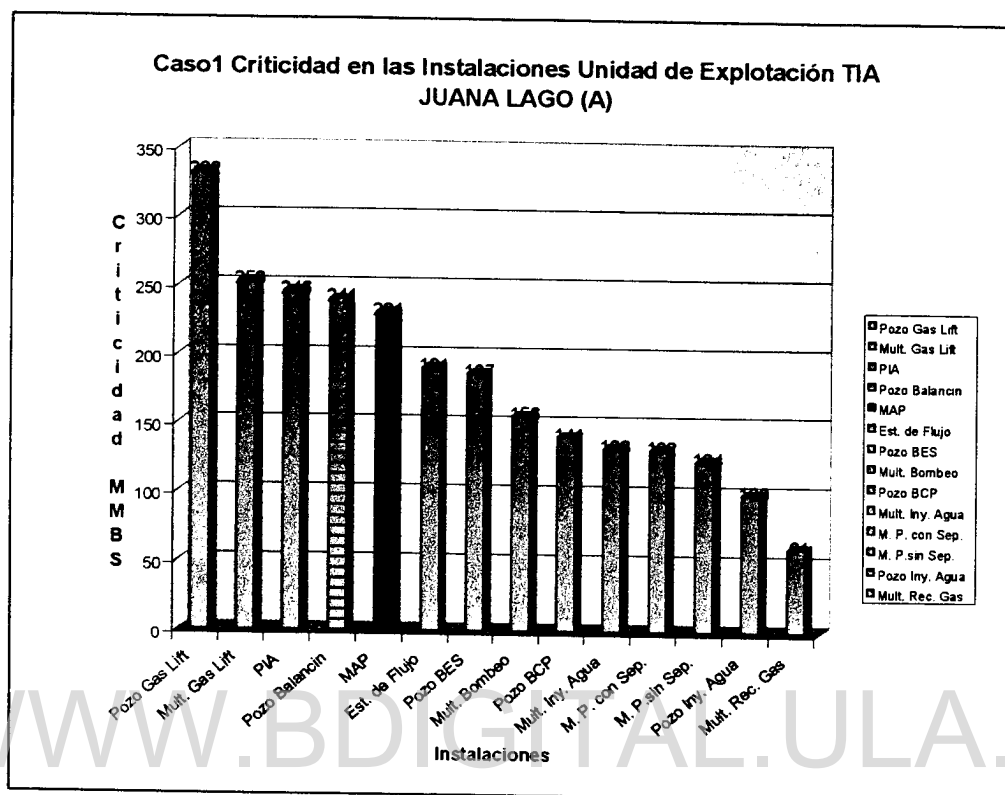


Figura 4.1 . CASO1 . Parte A. Criticidad en las Instalaciones Unidad de Explotación TIA JUANA LAGO.

En la tabla 4.2 puede observarse la criticidad en función de la frecuencia y de la consecuencia, datos que se utilizaron para representar la ubicación de la instalación MAP dentro de una matriz de riesgo. (figura 4.2). En la figura 4.2 se resalta la ubicación de la instalación MAP con negrillas.

Tabla 4.2 .CASO 1. Parte A. Criticidad de las instalaciones de la UE Tia Juana Lago, en función de la frecuencia de falla y consecuencias aplicando los criterios actuales.

Instalación	Criticidad (MMBS)	Frecuencia De Falla (Peso)	Consecuencia (MMBS)
Pozo Gas Lift	332	4,3	77,2
Mult. Gas Lift	253	3,8	66,6
PIA	246	6	41,0
Pozo Balancin	241	3,5	68,9
MAP	231	3,4	67,9
Est. de Flujo	191	3,2	59,7
Pozo BES	187	4	46,8
Mult. Bombeo	156	2,2	70,9
Pozo BCP	141	2,8	50,4
Mult. Iny. Agua	133	4	33,3
M. P. con Sep.	132	2,4	55,0
M. P.sin Sep.	124	2,2	56,4
Pozo Iny. Agua	100	3	33,3
Mult. Rec. Gas	61	2	30,5

Fuente: Elaboración Propia.

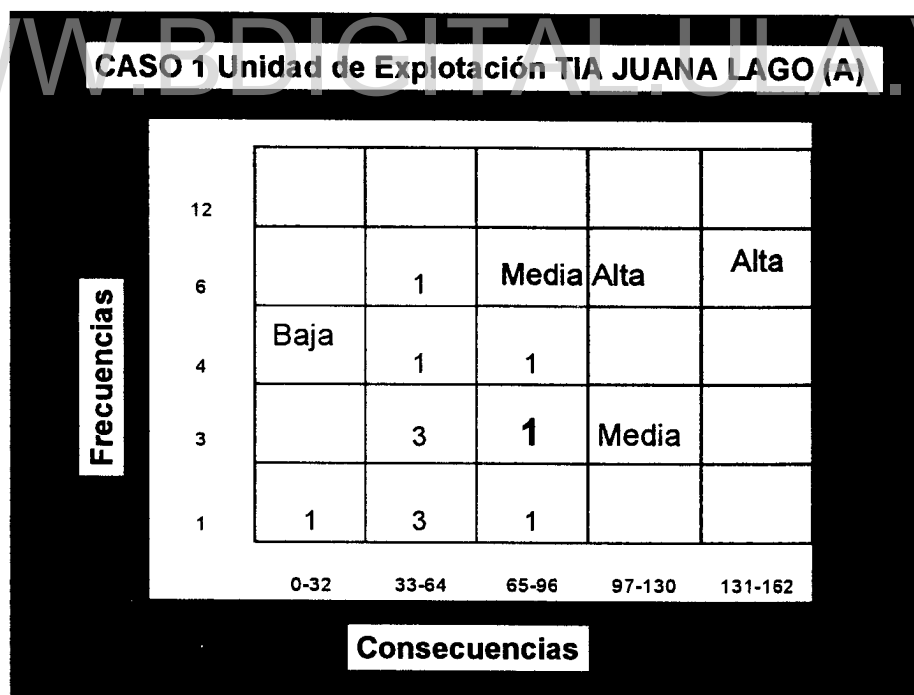


Figura 4.2 CASO 1. Parte A. Matriz de Criticidad para las Instalaciones en la Unidad de Explotación TIA JUANA LAGO.

CASO 1. PARTE B:

Al analizar la instalación con los criterios propuestos se le asigna una puntuación de 35 en el impacto de seguridad, ya que la revisión del histórico de accidentes muestra una fatalidad en esta instalación, y para el impacto en ambiente se le asigna una puntuación de 0, debido a que en esta instalación sólo se maneja gas.

Los resultados aplicando los nuevos criterios se muestran en la tabla 4.3

Tabla 4. 3. CASO 1. Parte B. Resultados de los Análisis de Criticidad, con los criterios propuestos.

Instalación	Frecuencia de Falla (Peso)	Nivel de Producción (Peso)	TPPR (Peso)	Impacto en Producción	Costo de Reparación (Peso)	Impacto Seguridad (Si / No)	Impacto Ambiente (Si / No)	Criticidad (F.I.T.Bs)
Est. de Flujo	3,2	7,5	2,3	0,4	11,3	17,5	25,0	191
PIA	6,0	1,0	1,0	1,0	10,0	0,0	30,0	246
Pozo Balancin	3,5	3,0	3,3	0,7	25,0	17,5	22,5	251
Pozo Gas Lift	4,3	2,5	3,5	0,7	25,0	17,5	30,0	332
Pozo BES	4,0	4,0	2,6	0,6	8,8	14,0	18,0	187
Pozo BCP	2,8	3,0	2,8	0,6	7,4	14,0	24,0	141
Pozo Inv. Agua	3,0	1,0	1,0	0,3	3,0	0,0	30,0	100
M. P. con Sep.	2,4	3,6	2,8	0,5	17,6	14,0	18,0	132
M. P. sin Sep.	2,2	3,6	2,8	0,5	19,0	14,0	18,0	124
Mult. Rec. Gas	2,0	7,0	1,5	0,5	25,0	0,0	0,0	61
Mult. Gas Lift	3,8	5,6	2,6	0,8	16,2	21,0	18,0	253
MAP	3,4	7,2	2,4	0,7	16,6	35,0	0,0	218
Mult. Inv. Agua	4,0	1,0	1,0	0,3	3,0	0,0	30,0	133
Mult. Bombeo	2,2	6,0	2,8	0,7	14,6	21,0	24,0	156

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.4 puede observarse como cambian los resultados de criticidad y los valores de las consecuencias de la instalación MAP, en función de la aplicación de los nuevos valores introducidos para el impacto en seguridad y ambiente en la fórmula de criticidad.

Tabla 4.4 .CASO 1. Parte B. Criticidad de las instalaciones de la UE Tia Juana Lago, en función de la frecuencia de falla y consecuencias aplicando los criterios propuestos.

Instalación	Criticidad (MINIBs)	Frecuencia de Falla (Peso)	Consecuencia (MINIBs)
Pozo Gas Lift	332	4,3	77,2
Mult. Gas Lift	253	3,8	66,6
PIA	246	6	41,0
Pozo Balancín	241	3,5	68,9
MAP	218	3,4	64,1
Est. de Flujo	191	3,2	59,7
Pozo BES	187	4	46,8
Mult. Bombeo	156	2,2	70,9
Pozo BCP	141	2,8	50,4
Mult. Iny. Agua	133	4	33,3
M. P. con Sep.	132	2,4	55,0
M. P.sin Sep.	124	2,2	56,4
Pozo Iny. Agua	100	3	33,3
Mult. Rec. Gas	61	2	30,5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3 se observan las variaciones con relación al valor de criticidad, debido a que el valor calculado con los criterios actuales (caso 1A) es de 231 y el nuevo valor con los criterios propuestos (CASO 1B) es de 218 , lo que muestra que hay una reducción en la estimación de la criticidad.

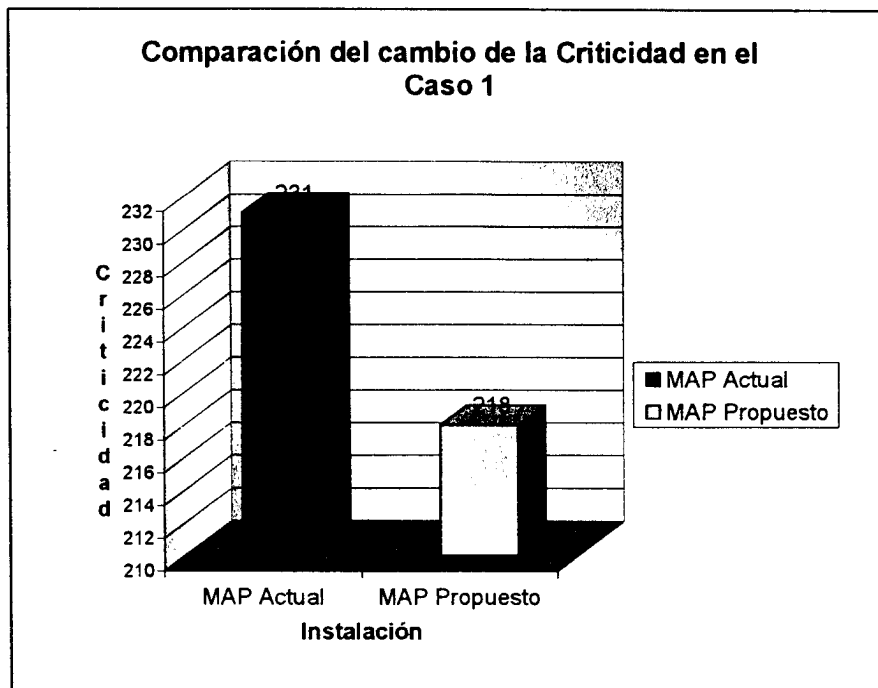


Figura 4.3 CASO 1. Parte B. Comparación de las criticidades para la Instalación MAP de la Unidad de Explotación TIA JUANA LAGO.

4.3 CASO DE ESTUDIO 2 JERARQUIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE FLUJO EN LA UNIDAD DE EXPLOTACION TIA JUANA LAGO:

El caso de estudio 2 corresponde al análisis de criticidad realizado para la jerarquización de las estaciones de flujo pertenecientes a la Unidad de Explotación (UE) Tía Juana Lago, para este estudio se muestra una parte A correspondiente a la evaluación según los criterios actuales y una parte B correspondiente a los criterios propuestos.

CASO 2. PARTE A:

En la tabla 4.5 se muestran los resultados del análisis de criticidad obtenidos para la jerarquización de las estaciones de flujo, usando los criterios actuales. En la tabla 4.5 se resalta el valor obtenido de criticidad para la estación de flujo Tía Juana 18 (TJ-18), igual a 42 MMBs. Así mismo, se muestra que el impacto en seguridad tiene un valor de 0 y el impacto en ambiente tiene un valor de 30, para dicha instalación.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Tabla 4. 5. CASO 2. Parte A. Resultados de los Análisis de Criticidad en las estaciones de flujo de la UE Tía Juana Lago.

ESTACIÓN DE FLUJO	Frecuencia de Falla (Peso)	Nivel de Producción (Peso)	TPPR (Peso)	Impacto en Producción (Peso)	Costo de Reparación (Peso)	Impacto Seguridad (Si/No) (Peso)	Impacto Ambiente (Si/No) (peso)	Criticidad
LL-59	3,0	12,0	4,0	0,50	3,0	0,0	30,0	171
LL-61	3,0	4,0	2,0	0,50	3,0	0,0	30,0	111
LL-62	1,0	4,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	34
LL-63	4,0	9,0	6,0	0,50	3,0	0,0	30,0	240
LL-65	3,0	9,0	2,0	0,30	3,0	0,0	30,0	115
LL-67	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-68	1,0	6,0	1,0	0,05	3,0	0,0	30,0	33
LL-69	3,0	9,0	4,0	0,50	3,0	0,0	30,0	153
LL-71	1,0	9,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	36
LL-73	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-74	3,0	9,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	107
LL-75	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-76	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-80	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-81	3,0	9,0	2,0	0,50	3,0	0,0	30,0	126
TJ-05	1,0	4,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	34
TJ-06	1,0	6,0	2,0	0,30	3,0	0,0	30,0	37
TJ-10	3,0	9,0	1,0	0,50	3,0	0,0	30,0	113
TJ-13	3,0	9,0	2,0	0,30	3,0	0,0	30,0	115
TJ-14	3,0	9,0	4,0	0,30	3,0	0,0	30,0	131
TJ-15	3,0	6,0	2,0	0,30	3,0	0,0	30,0	110
TJ-16	1,0	6,0	1,0	0,05	3,0	0,0	30,0	33
TJ-18	1,0	9,0	2,0	0,50	3,0	0,0	30,0	42

Fuente: Gerencia de Servicios de Mantenimiento, superintendencia de confiabilidad operacional. Tía Juana Lago

La figura 4.4, muestra la posición de la estación de flujo Tia Juana 18 (TJ 18) con respecto a las demás estaciones.

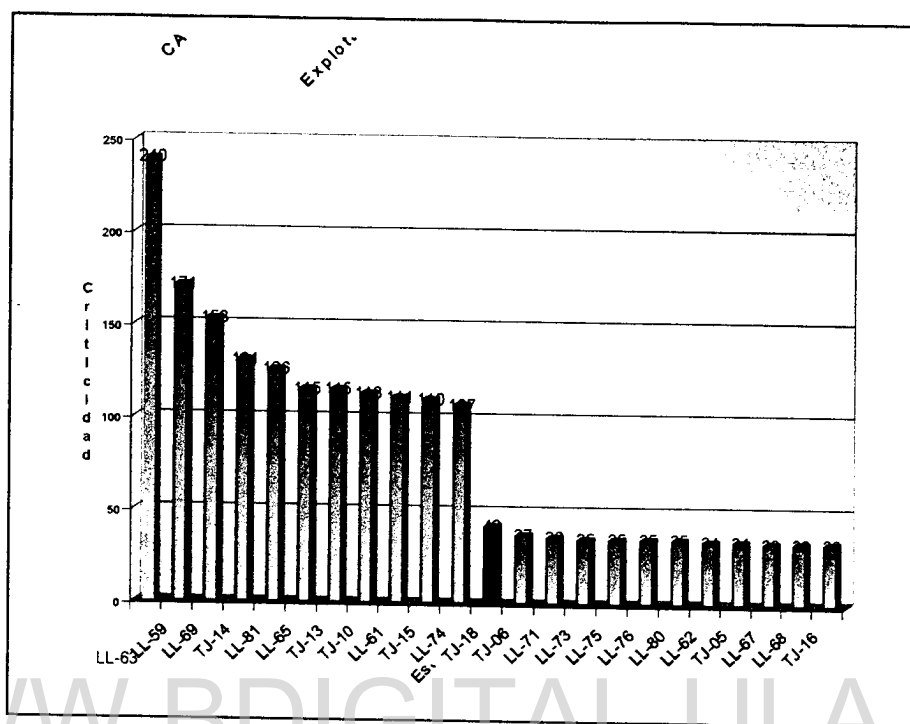


Figura 4.4 . CASO2 . Parte A. Criticidad en las estaciones de flujo Unidad de Explotación TIA JUANA LAGO.

En la tabla 4.6, puede observarse la criticidad de la instalación en función de la frecuencia y de la consecuencia operacional asociada, datos que se utilizaron para representar la ubicación de la estación de flujo Tia Juana 18 (TJ-18) dentro de una matriz de riesgo. (figura 4.5).

Tabla 4.6. CASO 2. Parte A. Criticidad de las Estaciones de Flujo de la UE Tia Juana Lago, en función de su frecuencia de falla y consecuencias.

ESTACION DE FLUJO	Cantidad (MMBs)	Frecuencia de Falla (Peso)	Consecuencia (MMBs)
LL-63	240	4	60
LL-59	171	3	57
LL-69	153	3	51
TJ-14	131	3	44
LL-81	126	3	42
LL-65	115	3	38
TJ-13	115	3	38
TJ-10	113	3	38
LL-61	111	3	37
TJ-15	110	3	37
LL-74	107	3	36
TJ-18	42	1	42
TJ-06	37	1	37
LL-71	36	1	36
LL-73	35	1	35
LL-75	35	1	35
LL-76	35	1	35
LL-80	35	1	35
LL-62	34	1	34
TJ-05	34	1	34
LL-67	33	1	33
LL-68	33	1	33
TJ-16	33	1	33

Fuente: Elaboración Propia.

Como puede observarse en la figura 4.5, la estación de flujo Tia Juana 18 tiene una frecuencia de 1 y una consecuencia de 42, por lo que su valor está en el rango de 33-64. En esta figura 4.5 se resalta la ubicación de la estación de flujo Tia Juana 18 (TJ-18) con negrillas.

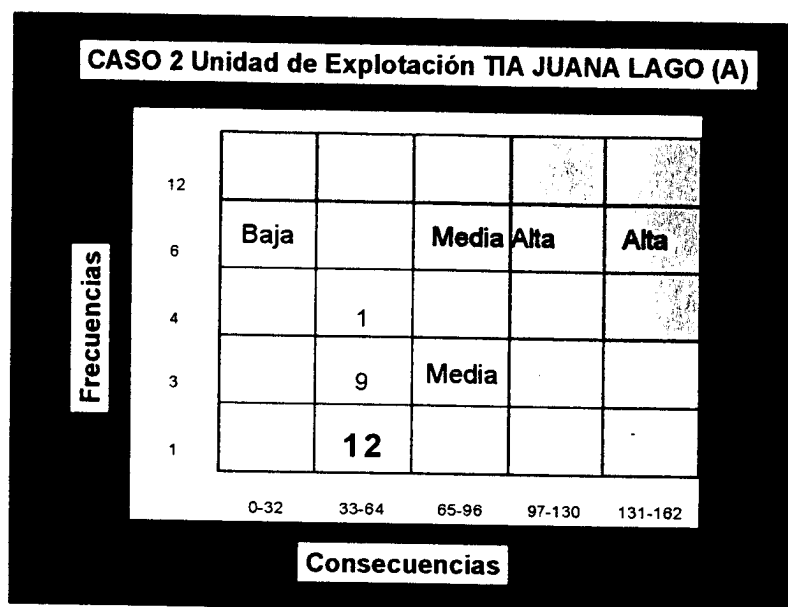


Figura 4.5 CASO 2. Parte A. Matriz de Criticidad para las estaciones de flujo en la Unidad de Explotación TIA JUANA LAGO.

CASO 2. PARTE B:

Al analizar la estación de flujo Tia Juana 18 con los criterios propuestos se le asigna una puntuación de 9 en el impacto de seguridad, ya que la revisión del histórico de accidentes muestra una lesión con tiempo perdido en esta instalación, y para el impacto en ambiente se le asigna una puntuación de 3, debido a que en esta instalación se maneja crudo, y normalmente la cantidad de crudo derramada está entre 1 y 10 BBL, por lo que el valor de la criticidad que se obtiene después de aplicar los criterios propuestos es de 24.

Los resultados con la aplicación de los nuevos criterios se muestran en la tabla 4.7

Tabla 4.7. CASO 2. Parte B. Resultados de los Análisis de Criticidad con los criterios propuestos.

ESTACION DE FLUJO	Frecuencia de Falla (Peso)	Nivel de Producción (Peso)	TPPR (Peso)	Impacto en Producción (Peso)	Costo de Reparación (Peso)	Impacto Seguridad (Si No) (Peso)	Impacto Ambiente (Si No) (peso)	Criticidad
LL-59	3,0	12,0	4,0	0,50	3,0	0,0	30,0	171
LL-61	3,0	4,0	2,0	0,50	3,0	0,0	30,0	111
LL-62	1,0	4,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	34
LL-63	4,0	9,0	6,0	0,50	3,0	0,0	30,0	240
LL-65	3,0	9,0	2,0	0,30	3,0	0,0	30,0	115
LL-67	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-68	1,0	6,0	1,0	0,05	3,0	0,0	30,0	33
LL-69	3,0	9,0	4,0	0,50	3,0	0,0	30,0	153
LL-71	1,0	9,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	36
LL-73	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-74	3,0	9,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	107
LL-75	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-76	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-80	1,0	6,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	35
LL-81	3,0	9,0	2,0	0,50	3,0	0,0	30,0	126
TJ-05	1,0	4,0	1,0	0,30	3,0	0,0	30,0	34
TJ-06	1,0	6,0	2,0	0,30	3,0	0,0	30,0	37
TJ-10	3,0	9,0	1,0	0,50	3,0	0,0	30,0	113
TJ-13	3,0	9,0	2,0	0,30	3,0	0,0	30,0	115
TJ-14	3,0	9,0	4,0	0,30	3,0	0,0	30,0	131
TJ-15	3,0	6,0	2,0	0,30	3,0	0,0	30,0	110
TJ-16	1,0	6,0	1,0	0,05	3,0	0,0	30,0	33
TJ-18	1,0	9,0	2,0	0,50	3,0	9,0	3,0	24

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.8 se muestra la criticidad, la frecuencia y consecuencia asociada a la estación de flujo Tia Juana 18.

Tabla 4.8 .CASO 2. Parte B. Criticidad de las estaciones de flujo UE Tia Juana Lago, en función de la frecuencia de falla y consecuencias aplicando los criterios propuestos.

ESTACION DE FLUJO	Criticidad (MMBS)	Frecuencia de Falla (Peso)	Consecuencia (MMBS)
LL-63	240	4	60
LL-59	171	3	57
LL-69	153	3	51
TJ-14	131	3	44
LL-81	126	3	42
LL-65	115	3	38
TJ-13	115	3	38
TJ-10	113	3	38
LL-61	111	3	37
TJ-15	110	3	37
LL-74	107	3	36
TJ-06	37	1	37
LL-71	36	1	36
LL-73	35	1	35
LL-75	35	1	35
LL-76	35	1	35
LL-80	35	1	35
LL-62	34	1	34
TJ-05	34	1	34
LL-67	33	1	33
LL-68	33	1	33
TJ-16	33	1	33
TJ-18	24	1	24

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6 se observan las variaciones de la criticidad para la estación de flujo Tia Juana 18 (TJ 18)., donde el valor calculado con los criterios actuales (caso 2A) es de 42 y el nuevo valor con los criterios propuestos (CASO 2B) es de 24, observándose que hay reducción en la criticidad. La variación de la criticidad se muestra en la figura 4.6.

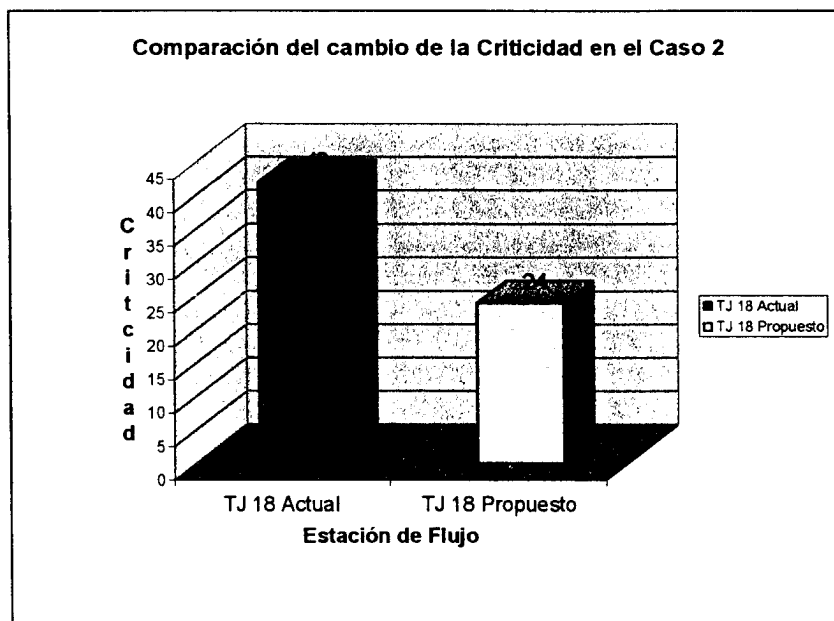


Figura 4. 6. CASO 2. Parte B. Comparación de las criticidades para la estación de flujo Tia Juana 18 de la Unidad de Explotación TIA JUANA LAGO.

En la figura 4.7 se observa el cambio en la posición de la estación de flujo Tia Juana 18, debido a que la consecuencia disminuye de 42 a 24.

CASO 2 Unidad de Explotación TIA JUANA LAGO (B)

12					
6	Baja		Media	Alta	Alta
4		1			
3		9	Media		
1	1	11			
	0-32	33-64	65-96	97-130	131-162
	Consecuencias				

Frecuencias

Figura 4.7 CASO 2. Parte B. Matriz de Criticidad para las estaciones de flujo en la Unidad de Explotación TIA JUANA LAGO.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

CAPITULO 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 CONCLUSIONES.

- Los riesgos pueden ser numerosos, complejos y estar interrelacionados, sin embargo su detección debe ser obtenida mediante un procedimiento claro y sistemático, a través del uso de técnicas rigurosas de análisis, esto conlleva a un mejor conocimiento y establecimiento de los mecanismos de mitigación o reducción de los riesgos.
- Existen numerosas técnicas de análisis de riesgos, todas con sus ventajas y desventajas, las cuales son aplicadas en función de la instalación, personal expuesto, información y tiempo disponible; por lo tanto el uso y aplicación de cada técnica de análisis de riesgo, depende de los resultados esperados y recursos requeridos.
- La Confiabilidad Operacional es una herramienta metodológica, que permite analizar las potenciales fallas y modos de fallas en los sistemas, también evalúa los modos de fallas para determinar el beneficio de la aplicación de las tareas de mantenimiento o rediseño de los elementos de un sistema o equipo y de esta forma maximizar la confiabilidad en la operación.
- La elaboración de un análisis de confiabilidad se soporta en un sistema de información que detecta la falla, registra el análisis efectuado, la reparación ejecutada y la relaciona con el tipo de política de mantenimiento vigente. Adicionalmente, se requiere mantener el registro de los costos y la duración de las reparaciones para soportar la selección de las políticas mas convenientes
- El establecimiento de los programas de mantenimiento, depende no sólo del tipo de componente y de los mecanismos de falla envueltos en cada modo de falla, sino también de las consecuencias de sus fallas en términos de costo, seguridad e impacto ambiental; es



por ello que las nuevas estrategias de mantenimiento demuestran que lo importante no es la falla sino la consecuencia de la misma.

- Los procedimientos de confiabilidad operacional propuestos introduciendo las técnicas de análisis de riesgo permiten unificar la aplicación de los criterios de seguridad en la estimación y cuantificación del riesgo.
- La aplicación de las Técnicas de Confiabilidad Operacional soportadas en las técnicas de Análisis de Riesgos, permite una mejor estimación del nivel de riesgo en una instalación y apoyan la toma de decisiones en la ejecución o no de una determinada tarea de mantenimiento, tomando en cuenta el nivel de riesgo que ofrece la falla para el personal y el ambiente.
- Los criterios propuestos en el Análisis de Criticidad, conllevan a una revisión de los históricos de los accidentes y de las estadísticas de derrames que han ocurrido en una instalación o equipo evaluada, de esta forma la puntuación asignada en la guía de criticidad mejora la cuantificación del impacto en la seguridad y el ambiente.
- La comparación de los resultados obtenidos en el Análisis de Criticidad aplicado a la Unidad de Explotación Tía Juana Lago, demuestra que existe una subestimación del riesgo con relación a sus consecuencias, ya que el impacto en seguridad con los criterios actuales es menor que al realizar el análisis con los criterios propuestos.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Aplicar la guía de criticidad con los criterios propuestos, en las evaluaciones realizadas para jerarquizar las instalaciones y/o equipos en función de su criticidad.
- Aplicar los procedimientos de Confiabilidad Operacional propuestos con la introducción de la revisión de las técnicas de Análisis de Riesgo para mejorar los resultados de la estimación y cuantificación del riesgo.

- Difundir los procedimientos propuestos para las técnicas de Confiabilidad Operacional a través de las comunidades de conocimientos de Confiabilidad Operacional.
- Comparar los resultados de la cuantificación de las consecuencias en seguridad y ambiente en anteriores aplicaciones contra los resultados obtenidos, aplicando las nuevas metodologías propuestas.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

BIBLIOGRAFIA

- [1] **LA LEGISLACION VENEZOLANA Y SU RELACION CON LA INGENIERIA DE CONTROL DE RIESGOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA.**
<http://www.petrolatin.com/ci/ambiente/7375058.asp>
- [2] **ESTUDIOS DE ANALISIS DE RIESGOS EN INSTALACIONES CON PRODUCTOS PELIGROSOS.**
<http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial/e/estuanal>
- [3] **MANUAL DE INGENIERÍA DE CONTROL DE RIESGOS.** Centro Internacional de Educación y Desarrollo. CIED. 3era versión. Septiembre 2001.
- [4] **ANEXO C. METODOLOGIAS DE IDENTIFICACION DE RIESGOS.**
<http://www.redminera.com/Contenido/Codelco.htm>
- [5] **GUÍA 98-38 “EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE RIESGOS”.** PDVSA. 1999
- [6] **CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL.** PDVSA-CIED.2000.
- [7] **INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL; PILAR FUNDAMENTAL DEL MANTENIMIENTO”.** Trabajo presentado por: Medardo Yañez, José Luis Perdomo. Ingeniería de Mantenimiento Producción Occidente. PDVSA.
- [8] **MANAGING INDUSTRIAL RISK.** Woodhouse, John. Chapman and Hall, Oxford, UK. 1993.

- [9] **SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.** Rodella, Adolfo.. Editorial Alfaomega Marcombo. México, D.F. 1999. Capitulo 1. Pagina 7-21.
- [10] **SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.** Rodella, Adolfo. Editorial Alfaomega Marcombo. México, D.F. 1999. Capitulo 14. Pagina 148-154.
- [11] **ANEXO C: METHODOLOGY FOR ESTABLISHMENT AND USE OF ENVIROMENTAL RISK ACCEPTANCE CRITERIA (INFORMATIVE).**
http://www.nts.no/norsok/z/z01301/z01301_c.htm
- [12] **LA REPARACION DEL DAÑO. ASPECTOS TECNICOS. REMEDIACION Y REPARACION.** Saval Borhóquez, Susana. PEMEX.
<http://www.bibliojuridica.org/libros/1/141/9.pdf>
- [13] **LEY ORGANICA DEL TRABAJO.** 18/07/1997.
- [14] **LEY PENAL DEL AMBIENTE.** 3/01/1992.
- [15] **RAPID RISK RANKING: AN IMPLEMENTATION OF THE STANDARD.**
<http://www.civeng.unsw.edu.au/MUNRO/PUBLICATIONS/RISKENG/papaer7>
- [16] **OPTIMIZACION DE PARADAS DE PLANTAS.** Luis Almendola. Gerente de Mantenimiento Metanol Oriente.S.A. Pequiven.S.A.
- [17] **ASPECTOS COMUNES ENTRE MCC Y EL SISTEMA GSP.** Ingeniería de Confiabilidad. PDVSA. 1998.
- [18] **TESORO ESCONDIDO: ELIMINANDO FALLAS CRONICAS PUEDE REDUCIRSE EL COSTO DE MANTENIMIENTO HASTA UN 60%.**
Reliability Center, Inc.
http://www.reliability.com/article2_Spanish.htm
- [19] **RISK ANALYSIS METHODS IN PROCESSING INDUSTRY.**

<http://www.Isa.et.hz.ch/Isa/fawltty/assi/mock/pubication/pdf>

- [20] **API COMMITTEE ON REFINERY EQUIPMENT BRD ON RISK BASED INSPECTION.** Revision February 1999.

- [21] **RISK BASED MAINTENANCE.** ABS Consulting.
<http://www.jbfa.com/rbmfire.html>

- [22] **MANUAL DE PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO.** Análisis de Criticidad. Gerencia de Mantenimiento y Confiabilidad. PDVSA. Mayo del 2000

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:

Especialización en Ingeniería de Ambiente, Higiene y Seguridad 147
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

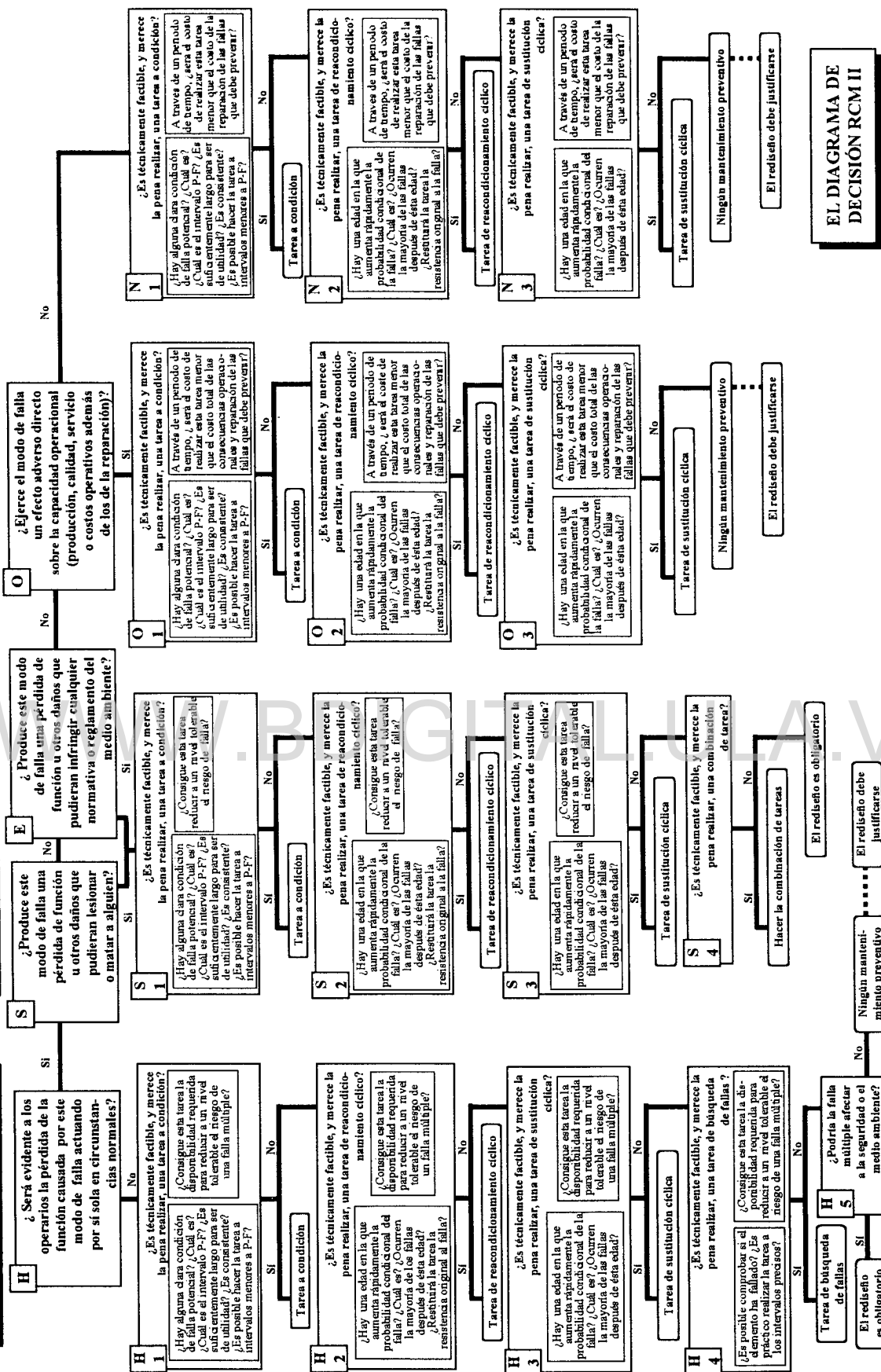
ANEXO 1

DIAGRAMA DE BLOQUE (ARBOL LOGICO DE DECISION)

CONSECUENCIAS DE LA FALLA OCULTA

CONSECUENCIAS PARA LA SEGURIDAD O EL MEDIO AMBIENTE

CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES



EL DIAGRAMA DE DECISION RCM II

ANEXO 2

ARBOL LOGICO

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

ANEXO 3

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

APPENDIX

RBI DATASHEET

WWW.BDIGITALULA.VE

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela

Del Norte Ventas S.A. de C.V.

(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Equipment No. _____

Heading

Equipment No. _____ 2. Category _____

Description _____ 4. No. of Items _____

PID No. _____ 6. PFD No. _____ 7. Stream No. _____

Universal Information

Project _____

Plant Condition A B C D

Winter Daily Low Temp _____ 11. Seismic Zone _____

Mechanical Information

Thickness _____ mm-in. 21. Design Pressure _____ KPAG-PSIG

Length _____ m-ft 22. Design Temperature _____ °C-°F

Primary Diameter _____ mm-in. 3. Design Life _____ Years

Other Diameter _____ mm-in. 4. Time in Current Service _____ Years

No. of Traps _____ 25. Insulation Yes No

Fabrication Date _____ 26. Exterior Coating Yes No

Fabrication Code _____ 27. Pipe Exchanger Yes No

Status of Code A B C

Vessel Lining Yes No

If Yes, MOC _____

Material of Construction:

	Normalized Tempered	PWHT	Fine Grain Processing	Impact Test Temperature
Sheet _____	Y or N	Y or N	Y or N	Y or N
S _____	Y or N	Y or N	Y or N	Y or N
_____	Y or N	Y or N	Y or N	Y or N

Complexity of Fabrication:For Equipment

No. of Nozzles _____

For Piping

No. of Connections _____

No. of Injection Points _____

No. of Branches _____

No. of Valves _____

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Equipment No. _____

Inspection/Maintenance Information

<u>Inspection Procedure</u>	<u>Interval Between Tests</u>		
	<u>Scheduled</u>	<u>Actual</u>	<u>% Coverage</u>
48 Visual - External	_____	_____	_____
49 Visual - Internal	_____	_____	_____
50 Ultrasonic testing-External	_____	_____	_____
51 Ultrasonic testing-Internal	_____	_____	_____
52 Automated ultrasonic testing	_____	_____	_____
53 Shear wave ultrasonic testing	_____	_____	_____
54 Acoustic emission testing	_____	_____	_____
55 Radiographic testing	_____	_____	_____
56 Eddy current testing	_____	_____	_____
57 Aerofluorescent magnetic particle testing	_____	_____	_____
58 Liquid penetrant testing	_____	_____	_____
59 IRIS-Internal	_____	_____	_____
60 Hydrostatic testing	_____	_____	_____
For insulated items:			
61 Selective stripping	_____	_____	_____
62 Complete stripping	_____	_____	_____
63 Radiography	_____	_____	_____
For rotating equipment:			
64 Periodic vibration measurement	_____	_____	_____
65 Continuous vibration measure	_____	_____	_____
66 Other procedures _____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
67 Inspections not performed _____	N/A	N/A	N/A

Maintenance History:

68 Major Repairs Yes or No _____ Damage Rate _____
 70 Major Alterations Yes or No _____ Damage Type _____
 72 Item Replaced Yes or No _____ Damage Mechanisms _____
 Comments: _____

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Equipment No. _____

Process Information

30. Inventory Group _____

31. Crude Oil Characteristics or Stream Composition _____

32. Representative Component _____

Operating ConditionsNormal OperationUpset Conditions

33. Pressure (KPA-G-PSIG)

MaxMin36. Likelihood

34. Temperature (°C-°F)

35. Concentration (%)

LiquidGas

37. Initial State (in Equipment)

38. Final State (after Release)

39. % Liquid _____

40. % Vapor _____

41. For columns only, Bottom Liq. Level _____

42. Liquid Density _____

43. Vapor Density _____

Kg/m³-Lb/ft³Kg/m³-Lb/ft³

m-ft

44. No. of Shutdowns per year:

Planned _____

Unplanned _____

45. Stability Ranking:

A

B

C

D

46. Conditions Affecting Relief Valves

RV Maint. Program

A

B

C

Corrosive Service

Yes

No

Fouling Service

A

B

C

Very Clean Service

Yes

No

47. Data for Technical Modules:Corrosive Species or
Contaminant% ConcentrationPhase

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Equipment No. _____

Safety System InformationDetection Classification7.1 A Process Instrumentation _____7.2 B Suitably Located Detectors _____7.3 C Visual Detection or Marginal Detectors _____Isolation System7.4 A Directly activated isolation shutdown system _____7.5 B Operator activated isolation *remote from leak* _____7.6 C Isolation by manually-operated valves _____Mitigation Devices In Place8.0 Fire Water Monitors _____8.1 Sprinkler System _____8.2 High Volume Deluge System _____8.3 Foam System _____8.4 Blast Walls _____8.5 Containment for Liquid Spills _____8.6 Fireproofing of Structural Steel _____8.7 Other (Specify) _____

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)