ARL

sura

LÍDER PHA (ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESO)

Medellín, Julio 5 de 2019

ANTES DE COMENZAR…

- Presentación.
- Grupos de Trabajo
- Reglas de convivencia y respeto mutuo

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

OBJETIVOS

- Conocer qué es un análisis PHA.
- Conocer algunas técnicas PHA.
- Conocer criterios para seleccionar metodologías PHA.
- Conocer cómo se implementan algunas metodologías escogidas.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

¿Que queremos lograr?

Realizar un análisis inicial de los peligros del proceso, en TODAS las actividades industriales donde se manipulen sustancias químicas peligrosas.

Selección de la metodología PHA:

- **Complejidad del proceso**
- **Experiencia**
- **Recursos**
- **Disponibilidad de la información**

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

Requerimientos del elemento:

- Implementar una **metodología** para determinar y evaluar los peligros del proceso.
- **Sistema** para abordar prontamente hallazgos.
- **Cronograma** escrito.
- **Comunicación** de las acciones a los empleados que pudieran ser afectados.
- Análisis de peligros del proceso **actualizado** cada 5 años.
- **Archivos** de los análisis de peligros y las actualizaciones.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

DEFINICIONES

DEFINICIONES

Peligro: Es una **propiedad intrínseca** de una entidad (p.ej. sustancia, unidad o proceso), la cual, **por su contenido de energía**, representa un **riesgo potencial** a un “blanco” (p.ej. hombre, ambiente, infraestructura).

Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA

https://www.eufic.org/en/understanding-science/article/absolute-vs.-relative-risk-infographic

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

DEFINICIONES

Evaluación de peligros: Identificación de los peligros individuales de un sistemas, determinación de los mecanismos que pueden desencadenar un evento y la evaluación de sus consecuencias.

Identificación de peligros: precisar las características de los materiales, equipos y procesos que pueden desencadenar eventos no deseados

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

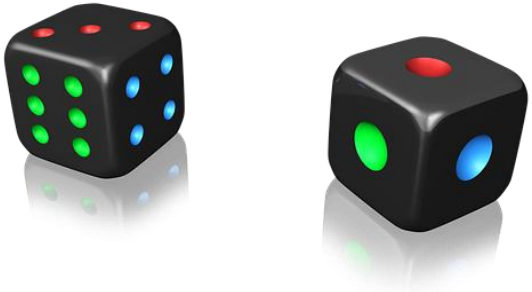
DEFINICIONES

Riesgo: El riesgo es la incertidumbre sobre el cumplimiento de los objetivos de una organización, independientemente de su origen (p.ej. tácticos, estratégicos, operacionales, financieros, ambientales, sociales, reputacional).

- Razón entre **peligro** y las **medidas de seguridad**.
- Combinación **incertidumbre** y de **daño**.
- Combinación entre el evento, la **probabilidad** y **consecuencias**.

$R = f(F, C)$

R = Riesgo.
F = Probabilidad de ocurrencia del evento.
C = Consecuencias (p.ej. pérdidas/daños).



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

DEFINICIONES

Consecuencia: Resultado de un evento específico. En el contexto de evaluación de riesgos **cualitativa**, las consecuencias son los efectos subsiguientes a una causa, describiendo las consecuencias desde el evento hasta los impactos. En el contexto de análisis de riesgo **cuantitativo** se refiere a los efectos físicos de los posibles eventos y el **daño** en el cual se traducen.

Falla: Parada de la operación especificada para un equipo.

Frecuencia: Número de ocurrencias de un evento por unidad de tiempo. (ej., 1 evento en 1000 años = 1×10^{-3} eventos/año).

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

DEFINICIONES

Análisis de riesgo: El proceso de **evaluar las consecuencias y frecuencias** de ocurrencia de actividades peligrosas.

Evaluación del riesgo: juzgar la **aceptabilidad** de los riesgos.

Criterio de tolerancia al riesgo: es una expresión cualitativa o cuantitativa del **nivel de riesgo que una organización es capaz de asumir** en retorno de los beneficios obtenidos por la actividad asociada, algunos son regulaciones gubernamentales o por las prácticas de la industria.

- Apéndice E. CCPS Layer of Protection Analysis
- Tabla 3.1. CCPS Safe and Reliability Instrumented Protective Systems

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

DEFINICIONES

ALARP (As low as reasonable practicable): Es el riesgo en el cual debe ser posible demostrar que el costo de continuar reduciendo ese riesgo es desproporcionado en comparación con el beneficio que se obtendría.

Control o mitigación de riesgos: método (s) existente o introducido con el fin expreso de **reducir la frecuencia o las consecuencias** de un evento peligroso.

Gestión de riesgos: El proceso de actuar sobre la información suministrada en identificación de riesgos, evaluación de riesgos y control de riesgos para fines de **toma de decisiones** de gestión.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

DEFINICIONES

Evento: Una ocurrencia en el proceso analizado, este puede ser causado por equipos o personas.

Barrera: dispositivo, sistema o acción que puede **interrumpir** la cadena de eventos no deseados, **evitando** que una **amenaza** se convierta en un evento (**barrera de prevención**) o mitigando las consecuencias del mismo una vez que ha ocurrido (**barrera de mitigación**).

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

TIPOS DE BARRERAS

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

DEFINICIONES

Activo: es algo que tiene un valor potencial o real para una organización. Ejemplo: planta, instalación, maquinaria, edificios, vehículos, etc.

Activos críticos: los que tienen un potencial para impactar significativamente en el logro de los objetivos de la organización.

Vida del activo: es el periodo desde su concepción hasta el final de su vida.

Ciclo de vida: son todas las etapas que el activo experimenta durante su vida.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

DEFINICIONES

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

TIPOS DE PHA POR CICLO DE VIDA DEL ACTIVO

FASE DEL CICLO DE VIDA	TÉCNICA PHA RECOMENDADA
Investigación y desarrollo	PrHA What-if Relative ranking
Diseño conceptual	PrHA What-if Checklist Relative ranking
Ingeniería básica o definición del diseño	PrHA What-if/checklist HAZOP FMEA
Ingeniería detallada	What-if/checklist HAZOP FMEA FTA ETA

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

TIPOS DE PHA POR CICLO DE VIDA DEL ACTIVO

Construcción	What-if/checklist Safety review
Operación rutinaria	Checklist HAZOP FMEA Safety review FTA ETA HRA CCA
Proceso de modificación o expansión	What-if/checklist HAZOP FMEA FTA ETA Safety review HRA CCA
Investigación de incidentes o accidentes	What-if HAZOP FMEA FTA ETA HRA CCA
Cierre y/o desmantelamiento	What-if/checklist Safety review

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANALISIS DE PELIGROS DE PROCESO PHA

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

- Un PHA es un de los **elementos** más importantes de PSM.
- Esfuerzo sistemático para identificar, analizar y evaluar los peligros asociados con el procesamiento o manipulación de sustancias químicas peligrosas.
- Típicamente se utilizan técnicas cualitativas para analizar fallas de equipos y errores humanos que pueden llevar a incidentes y así soportar la toma de decisiones para mejorar la seguridad y reducir las consecuencias en caso de que suceda un evento.
- Ocasionalmente, se utilizan métodos cuantitativos para ayudar a priorizar la reducción de riesgos.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

Elementos PSM relacionados

Elemento # 3 PHA: Realización de un análisis de peligros inicial en todos los procesos cubiertos por el PSM.

- ? *Elemento # 8 Programa de integridad mecánica*
- ? *Elemento # 10 Gestión del cambio*
- ? *Elemento # 11 Investigación de incidentes*

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Requerimientos PHA

- ✓ Utilizar una o más metodologías reconocidas, apropiada para el proceso.
- ✓ Equipo con conocimientos en el proceso analizado.
- ✓ Equipo con conocimientos en las técnicas PHA.

Imagen tomada de: http://www.thunder1320.com/uncategorized/wednesday-prep-results-thursday-prep-schedule/

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

Limitaciones PHA

- Completez.
- Reproducibilidad.
- Dificultad para comprender los resultados.
- Relevancia de la experiencia.
- Subjetividad.

Imagen: http://ravellom.blogspot.com/2017/03/importancia-de-expresar-las.html

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

Alcance PHA

- ✓ Identificar peligros del proceso.
- ✓ Identificación de incidentes previos que pudieron haber causado un evento catastrófico.
- ✓ Identificar controles administrativos y de ingeniería del proceso analizado y la consecuencia de sus fallas.

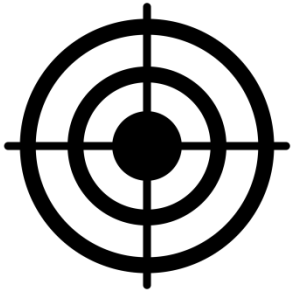
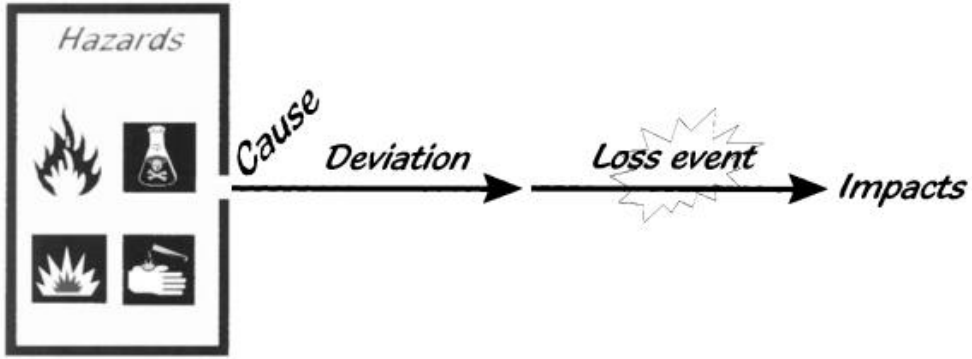


Imagen: http://ravellom.blogspot.com/2017/03/importancia-de-expresar-las.html

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

Dinámica accidental



- ✓ **Causa**: primer evento en la dinámica accidental, que marca una transición entre la operación normal y la anormal. Puede ser una falla operacional, mecánica, evento externo.
- ✓ **Desviación:** condición de operación fuera de parámetros de diseño, seguros o estándar.
- ✓ **Evento de pérdida**: momento en que ocurre un efecto físico irreversible con el potencial de daño.
- ✓ **Impacto**: medida del daño producido por un evento.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

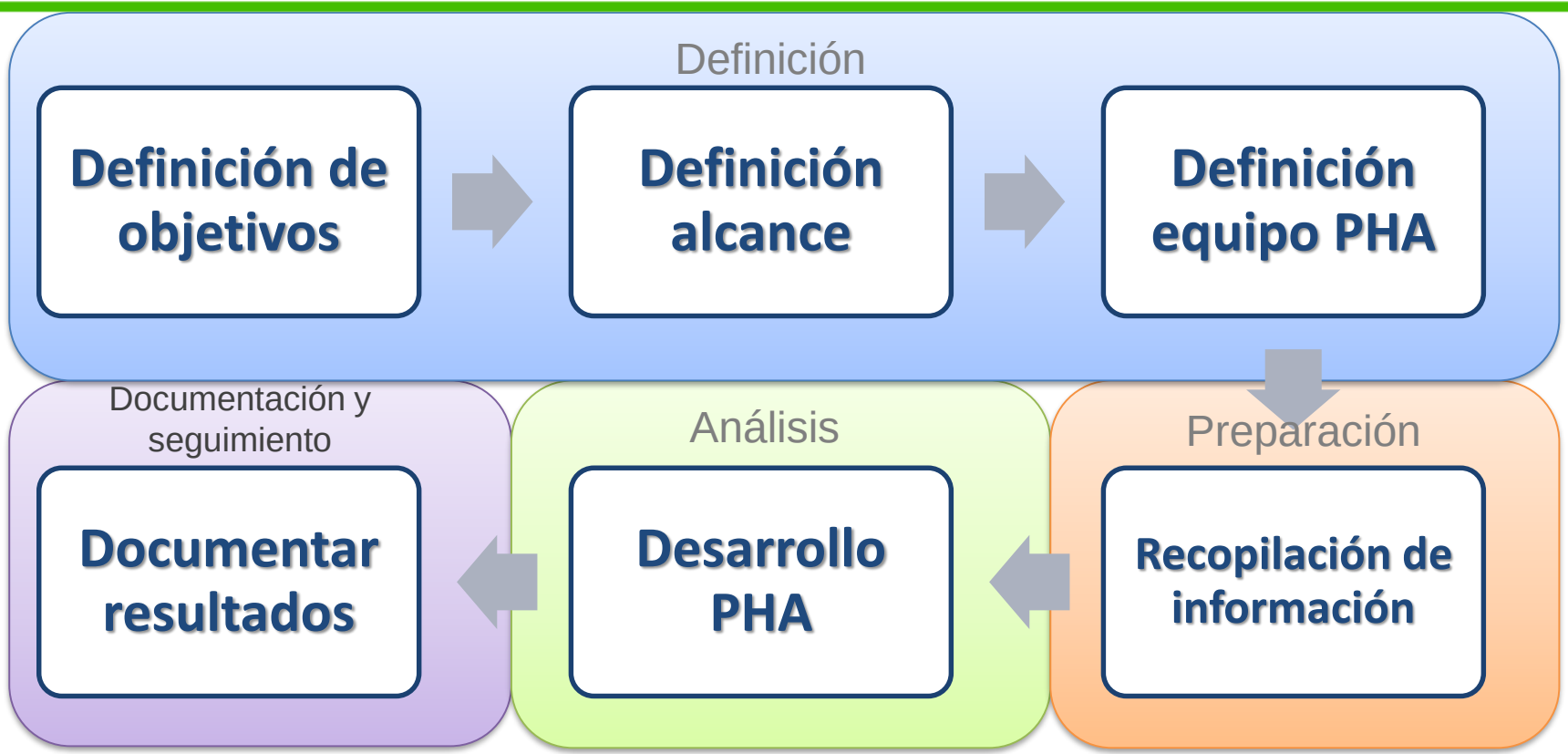
Figura tomada de Guidelines for hazard evaluation procedures, CCPS.

Compromisos para un programa PHA

1. **Sistema de gestión documental:** especificaciones, diagramas de ingeniería, procedimientos actualizados.
2. **Competencia del personal:** motivar el personal que conoces de las técnicas y el proceso a participar.
3. **Sistema para documentar resultados y atender las recomendaciones**: registrar medidas tomadas basadas en los resultados del PHA.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Figura tomada de Guidelines for hazard evaluation procedures, CCPS.

Definición (Charter)

1. Motivo: Es el porque es necesario realizar el análisis (normas legales, normas corporativas, etc.)

2. Alcance: El alcance del estudio, especifica los elementos técnicos del diseño sometidos a un análisis (que instalaciones y modos de operación se someten al estudio).

3. Objetivos: especificando los tipos de peligros que se quieren identificar y si se llegarán a valorar las situaciones de riesgo que se deriven.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

Recopilación de la información

1. Diagramas de flujo de procesos (PFDs) y balances de materia y energía son útiles para unidades de procesos grandes y complejas.
2. Hojas de seguridad de las sustancias en el proceso
3. Estándares y regulaciones pertinentes de la industria.
4. Planos de distribución de equipos en planta (Ej. Sistemas contrancendio, salas de control, oficina, plantas de proceso)
5. Bases de diseño de equipos o P&IDs
6. Procedimientos de operación y prácticas seguras
7. Bases de diseño de sistemas de alivio
8. Alarmas críticas y de paro de emergencia
9. Incidentes previos pertinentes

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

Selección del equipo PHA

- Tipo y complejidad del proceso
- Metodología o técnica utilizada
- Objetivo del análisis

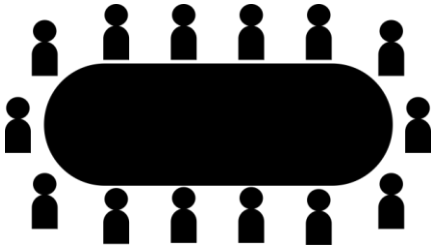
Roles en el equipo

- Líder (metodología)
- Escribano
- Expertos en varias áreas

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Aspectos importantes en la reunión inicial

- ✓ Orientación: alcance y objetivos.
- ✓ Revisión del proceso.
- ✓ Visita por las instalaciones.
- ✓ Documentar asistencia.
- ✓ Revisión de la documentación de seguridad de procesos.
- ✓ Revisar incidentes pasados.
- ✓ Identificación de peligros.



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO - PHA

Líder PHA

- Dirige el desarrollo.
- Programa reuniones. Asegura recursos.
- Muy buen entendimiento del alcance y objetivos del análisis.
- Más experimentado en la técnica PHA.

Escriba PHA

- Puede tener menos experiencia.
- Debe conocer lo básico de la técnica PHA.
- Documenta el análisis.

Expertos

- Conocimientos específicos en el proceso.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

REVISIÓN DE TÉCNICAS PHA

TÉCNICAS PHA

- Análisis Preliminar de Peligros
- Revisiones de seguridad
- Checklist o Listas de verificación
- What-if o Que pasa si?
- HAZOP – Hazards and Operability study
- Bowtie Analysis o Corbatín
- FTA – Fault Tree Analysis o Árbol de fallas
- ETA – Event Tree Analysis o Árbol de eventos
- Análisis de consecuencias
- QRA – Análisis cuantitativo de riesgo

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

PreHA
Análisis preliminar de peligros

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

¿QUÉ ES?

- Técnica enfocada de manera general en los peligros de sustancias y los principales procesos de la planta.
- Listado de peligros y situaciones peligrosas genéricas, para cada situación se listan sus causas, efectos y posibles medidas preventivas o de mitigación.
- Puede asignar una criticidad a los peligros.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

OBJETIVO

- Técnica utilizada frecuentemente en las primeras etapas del ciclo de vida (I+D, Ing. Conceptual).
- Se usa para revisión de los diseños en etapas tempranas.
- Usada en instalaciones muy grandes para priorizar peligros cuando la disponibilidad de recursos no permite usar una técnica más robusta.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

Requerimientos y limitaciones

Información necesaria: criterios de diseño de la planta, especificaciones de los equipos y materiales.

Equipo 1-2 personas con experiencia.

Criterio de experto -> subjetividad.

Cualitativo, no es sistemático y desestructurado.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

Desarrollo

Preparación

- Recopilación información: Criterios diseño planta, especificaciones equipos, materiales.

Desarrollo

- Listado de peligros, situaciones peligrosas genéricas, causas, efectos, medidas preventivas o de mitigación. Criticidad.

Resultados

- Tabla de resultados: peligro, causa, efectos, categoría peligro, medidas preventivas y de mitigación.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

Taller ejemplo

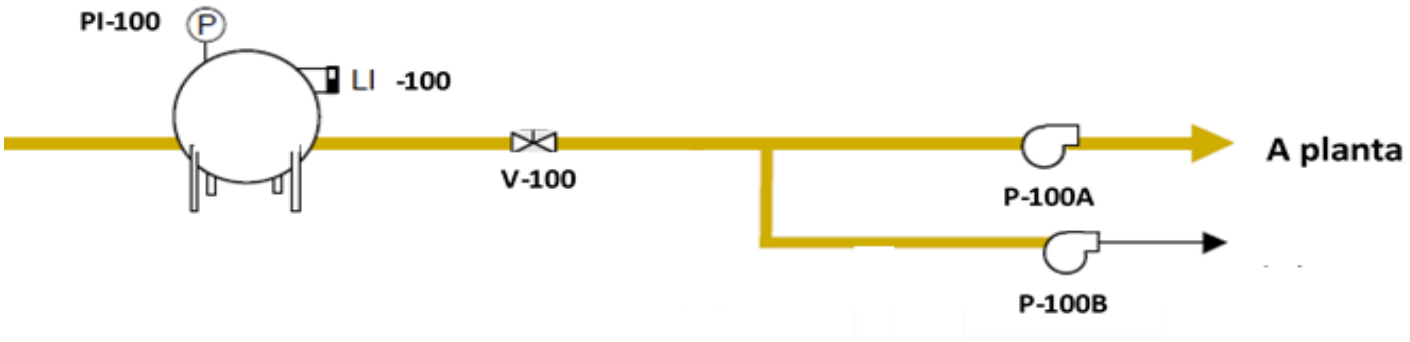
Descripción cualitativa de los peligros relacionados con un proceso. Criticidad.

Área: Proceso:		Fecha: Analistas:		
Peligro	Causa	Efectos	Categoría de peligro	Medidas preventivas y de mitigación
. . .	. . .	. . .	Cat 1. Despreciable. Cat 2. Marginal Cat 3. Crítica Cat 4. Catastrófico.	. . .

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Taller: ejemplo

Considere un diseño conceptual de alimentación de gas licuado de un tanque a una unidad de proceso.



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Taller: ejemplo

Cuales serían las posibles causas de la liberación de este gas licuado?

- El tanque puede tener una fuga o una ruptura.
- Aumento de presión debido a fuego externo.
- La tubería puede fallar o romperse.
- Válvula de alivio puede fallar.
- Bomba cavite y fugue por el sello.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

Área: **Proceso:**		**Fecha:** **Analistas:**		
Peligro	**Causa**	**Efectos**	**Categoría de peligro**	**Medidas preventivas y de mitigación**
Inventario de sustancia inflamable que puede liberarse.	1. Falla del tanque. 2. Aumento de la presión por fuego externo.	• Daños por liberación, explosión, incendio • Daños por liberación, explosión, incendio.	IV IV	1. Diseño apropiado 2. Disminuir inventario. 3. Sistemas de contraincendio. 4. Inspecciones y pruebas. 5. Planes de respuesta a emergencias

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

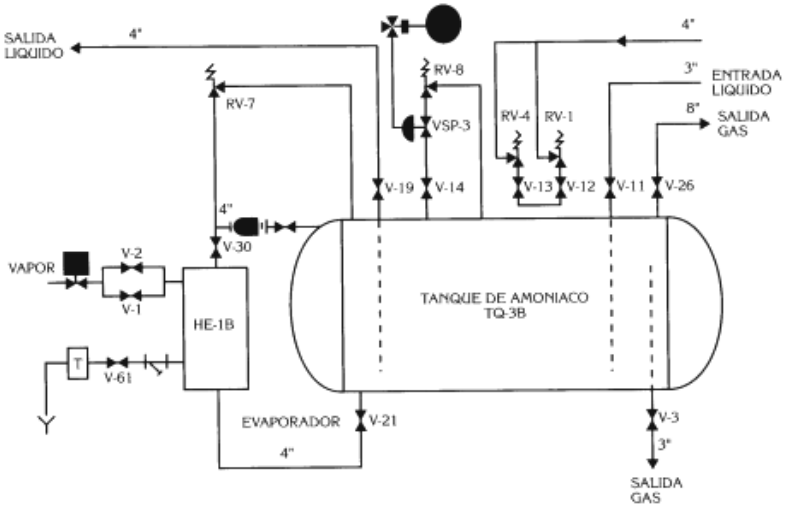
Área: **Proceso:**		**Fecha:** **Analistas:**		
Peligro	**Causa**	**Efectos**	**Categoría de peligro**	**Medidas preventivas y de mitigación**
Inventario de sustancia inflamable que puede liberarse.	3. Falla de la tubería. 4. Falla de la válvula de alivio .	• Daños por liberación, explosión, incendio. • Daños por liberación, explosión, incendio.	IV III	1. Diseño apropiado. 2. Control de presión y alarmas. 3. Procedimientos de Inspección y pruebas. 4. Procedimientos Operativos.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

Taller: ejemplo

Considere el diseño conceptual de un tanque de almacenamiento de amoniaco, empleado para la producción de fertilizantes. Cuales serían las posibles causas de la liberación de este gas?



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Taller: ejemplo

Teniendo en cuenta las posibles causas de la liberación de amoniaco, determine que medidas preventivas y de mitigación se deben considerar para cada posible causa:

- El tanque puede tener una fuga o una ruptura.
- Válvula de alivio puede fallar o funcionar mal.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

Área: **Proceso: Almacenamiento NH3**		**Fecha:** **Analistas:**		
Peligro	**Causa**	**Efectos**	**Categoría de peligro**	**Medidas preventivas y de mitigación**
Inventario de sustancia tóxica que puede liberarse.	1. Falla del tanque 2. Falla de la válvula de alivio .	• Daños por liberación, fatalidades, incendio. • Daños por liberación, fatalidades, incendio.	IV III	1. Detectores de gas. 2. Minimizar inventario. 3. Procedimientos de inspecciones y pruebas. 4. Sistema de recolección de venteos, alivios y drenajes. 5. Sistemas de apagado de emergencias

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

Otras medidas potenciales:

- Considere el uso de materiales menos tóxicos que el amoniaco.
- Desarrollar procedimientos operativos aplicando criterios de factores humanos.
- Localizar el tanque y bombas de almacenamiento lejos de las áreas de alto tráfico de la planta
- Considere el diseño de sistemas de diluvio o cortinas de agua activados automática por detectores de gas.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Revisión de seguridad

REVISIÓN DE SEGURIDAD

¿QUÉ ES?

- Técnica enfocada en revisar que la operación y el mantenimiento de la planta cumplen con los estándares de diseño.
- Suele usarse como revisión previa al arranque de los procesos (visita en planta o durante reuniones).
- Depende de la experiencia del equipo que se conforme.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

REVISIÓN DE SEGURIDAD

OBJETIVO

- Identificar condiciones de la planta o procedimientos de operaciones que pueden resultar en un incidente con impactos.
- Al final se obtiene una lista de recomendaciones específicas para acciones necesarios, asigna responsable y define metas.
- Complementar inspecciones y otras técnicas PHA.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

REVISIÓN DE SEGURIDAD

Requerimientos y limitaciones

- **Puede usarse en cualquier momento del ciclo de vida**.
- Información: normas y estándares aplicables, estudios previos, diagramas de ingeniería, procedimientos de operación, arranque, parada, mantenimiento y emergencias, reporte de incidente y de lesionados, reportes de mantenimiento.
- Personal con conocimientos en normas, estándares y procedimientos.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

REVISIÓN DE SEGURIDAD

Desarrollo

Preparación

- Definir alcance (sistemas, procesos, personal).
- Recopilar información.

Desarrollo

- Visita a la planta.
- Obtener y revisar diagramas y procedimientos.

Resultados

- Reporte: acciones recomendadas, hallazgos y recomendaciones. Revisar con gerencia.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

REVISIÓN DE SEGURIDAD

Resultados

- Descripciones cualitativas de los potenciales problemas de seguridad y medidas sugeridas.
- El reporte debe incluir desviaciones del diseño (hallazgos) y una lista de recomendaciones de seguridad encontrados.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

REVISIÓN DE SEGURIDAD

Taller: ejemplo

En una planta petroquímica una de las unidades de proceso tiene más de 30 años, una evaluación del negocio indica que puede seguir operando por 15 o 20 años más, si se mantienen las condiciones de seguridad, para lo que se solicita una revisión de seguridad.

La planta ha sido bien mantenida y tras realizar una inspección el equipo identifica que esta puede funcionar por otros 15 años.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Taller: ejemplo

Hallazgos:

- La capacidad de la unidad ha sido incrementada por medio de varias mejoras y proyectos, sin embargo el dimensionamiento de los sistemas de alivio y teas no ha sido reevaluado.
- No se han reevaluado los sistemas instrumentados de protección.
- Los estándares de la compañía han cambiado desde la construcción de la unidad. Considerando los nuevos estándares se presentan violaciones de los mismos.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Taller: ejemplo

¿Cuáles serían las acciones a tomar por parte del equipo encargado en la compañía (incluyendo representantes de la gerencia).

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

REVISIÓN DE SEGURIDAD

- Una revisión completa del diseño de las válvulas de alivio de presión y de los cabezales de tea. Como resultado de esta evaluación, se instalan válvulas de seguridad adicionales y un nuevo cabezal de tea.
- Una revisión del diseño para considerar la instrumentación y el sistema de control. Se recomienda un sistema de control moderno, se instala y se identifican los sistemas de protección instrumentados y evaluados. Este sistema no sólo es más fiable, sino que también proporciona funciones de seguridad instrumentadas que no existían originalmente.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

REVISIÓN DE SEGURIDAD

- Una revisión del espaciamiento de los equipos. Estos problemas son más difíciles de corregir. Ciertos requisitos de espaciamiento no pueden cumplirse con la unidad existente y la unidad adyacente (la tea, los hornos y la sala de control), por lo que se instala un sistema de rociadores activados por calor para hacer frente a la posibilidad de que se produzca un incendio en esta unidad.
- El espaciado es también una consideración en una decisión posterior de construir una nueva sala de control consolidada más alejada de esta unidad como parte de la informatización de los sistemas de control.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Checklist

CHECKLIST

¿QUÉ ES?

- Listado detallado de atributos deseables de un sistema o pasos a seguir por parte del sistema o del operador.
- Preguntas o pasos a seguir relacionados con el diseño y la operación de la instalación.
- Las preguntas suelen contestarse como “Si” o “No”.
- Usada para determinar peligros comunes por medio de la identificación de brechas con respecto a normas, estándares o buenas prácticas.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

CHECKLIST

OBJETIVO

- Utilizada para verificar la aceptabilidad de las condiciones de un sistema o su operación, comparado con respecto a normas, estándares o buenas prácticas.
- Familiarizar a personal inexperto en el proceso.
- Puede evaluar sustancias, equipos o procesos.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

CHECKLIST

Requerimientos y limitaciones

- Listas de chequeo relevantes o personal con conocimiento para desarrollarlas y revisarlas.
- Se basa en la experiencia.
- Debe ser revisado periódicamente para asegurar que se adapte a los cambios del proceso.
- Pueden omitir problemas que no son fácilmente detectables.
- Pueden ser usado por personas con menos experiencia.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

CHECKLIST

Desarrollo

- Se usan listas específicas para identificar tipos de peligros conocidos, deficiencias del diseño y potenciales eventos.
- Existen listas genéricas y particulares para la organización / proceso / equipo / sustancia.
- Se debe definir el estándar de diseño o las prácticas de operación y usarlos para generar una lista de preguntas que ayude a detectar deficiencias o diferencias.

Selección de listas de chequeo → **Dliligenciamiento** → **Análisis y revisiones**

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

CHECKLIST

Resultados

Área/Proceso/Equipo:		Fecha: Analistas:		
Pregunta o paso a seguir	**Si**	**No**	**No aplica**	**Se requiere más información**

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

CHECKLIST

Ejemplo:

Área/Proceso/Equipo:		Fecha: Analistas:		
Pregunta o paso a seguir	**Si**	**No**	**No aplica**	**Se requiere más información**
Nivel de aceite de motor en buen estado?	X			
Presión en las llantas >=33 Psig?	X			
Estado de las luces traseras y delanteras?	X			
Nivel del tanque de gasolina en el máximo?	X			

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

CHECKLIST

Ejemplo:

ÍTEM	ADECUADO (SI/ NO/ N.A)	REQUERIDO PARA EL ARRANQUE	RESPONSABLE
1. Equipos			
Pruebas de presión completas.			
Dispositivos de alívio instalados y probados.			
Protecciones en las partes móviles.			
Protecciones para alta o baja temperatura (aislamientos térmicos).			
Alineación y balanceo de equipo rotativo.			
Instalación de soportes.			
Diques de contención en óptimo estado.			
Tratamiento de efluentes (líquidos / emisiones).			
Disposiciones de residuos.			
2. Eléctrica / Instrumentación			
Conformidad con la clasificación eléctrica del área.			
Sentido de rotación de los motores.			
Completa verificación de los lazos de instrumentación y control.			
Pruebas de interlocks completos.			
Completa verificación de alarmas de proceso.			
Pruebas a otros dispositivos de protección (MOVs, cortes por sobrevelocidad, etc).			

EJEMPLO

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Fuente: Ecopetrol S.A.

What-if

WHAT-IF

¿QUÉ ES?

Es una técnica de lluvia de ideas en la cual un grupo de personas con conocimiento y experiencia en el proceso objeto del análisis, identifica posibles situaciones anormales, sus consecuencias, barreras de seguridad y luego sugiere realizan preguntas o expresan sus preocupaciones acerca de eventos no deseados.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

WHAT-IF

OBJETIVO

- El propósito de un análisis What-If es identificar los peligros, las situaciones peligrosas y las secuencias de eventos que pueden traducirse en consecuencias indeseadas.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

https://www.123rf.com/clipart-vector/brainstorm.html?sti=ngxsx145uiz91e4hre|

WHAT-IF

Requerimientos y limitaciones

- Esta es una técnica muy versátil, **que puede ser aplicada en cualquier etapa del ciclo de vida de un proceso.**
- Puede utilizarse cuando no se cuenta con las especificaciones técnicas (planos o diagramas de proceso) completas.
- Es un método basado en la experiencia, las revisiones no se pueden llevar acabo sobre peligros desconocidos.
- No es un método sistemático, las preguntas se realizan de manera aleatoria. Esta limitación se puede corregir adicionando una lista de chequeo.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

WHAT-IF

Procedimiento (Sura)

1. Definir las suposiciones sobre las condiciones de operación que serán usadas a lo largo de la revisión
2. Definir los límites y modos de operación de la plata a ser evaluados
3. Seleccionar y confirmar el nodo de estudio
4. Verbalizar las intenciones generales del diseño y las condiciones de operación del nodo.
5. Especificar los parámetros de proceso del nodo.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

WHAT-IF

Procedimiento

6. Seleccionar y formular una pregunta “¿Qué pasa si …?”
7. Identificar todos los escenarios (causas) peligrosos para cada pregunta “¿Qué pasa si …?”
8. Identificar todas las consecuencias mayores asociadas a cada escenario, sin tener en cuenta las salvaguardas.
9. Especificar las salvaguardas predominantes para evitar cada consecuencia.
10. Determinar la probabilidad y severidad de cada consecuencia y documentarla. (asociado a las políticas de la compañía)

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

WHAT-IF

Procedimiento

11. Hacer recomendaciones para mitigar las consecuencias en el caso de que la probabilidad o consecuencia sea inaceptable, de acuerdo a los niveles de aceptación de riesgo de la compañía.
12. Repetir los pasos para cada pregunta “¿Qué pasa si …?”
13. Repetir los pasos para cada nodo.
14. El equipo de revisión debe clasificar todas las recomendaciones producidas según su prioridad de asignación de riesgo.
15. Preparar un resumen y listado de las recomendaciones según su orden de prioridad.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

WHAT-IF

Resultados

- Usualmente se documentan todas las preguntas surgidas en el desarrollo de la jornada en una tabla que incluye las preguntas, las causas de la situación, sus consecuencias, cuáles barreras evitan que se presente y algunas recomendaciones pertinentes.
- Este documento es la guía para la implementación de las recomendaciones.
- Algunas compañías prefieren documentar los resultados en un estilo narrativo.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Análsis What-if/Checklist

- La técnica del análisis What-if/Checklist combina las características de creatividad y tormenta de ideas del método What-if con las características sistemáticas del método Checklist.

Ejemplo:

- Que pasa si se deja humedad en la línea?
- Que pasa si la válvula XX se deja abierta?
- Que pasa si el indicador de nivel / alarma fallan?

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

WHAT-IF

Resultados

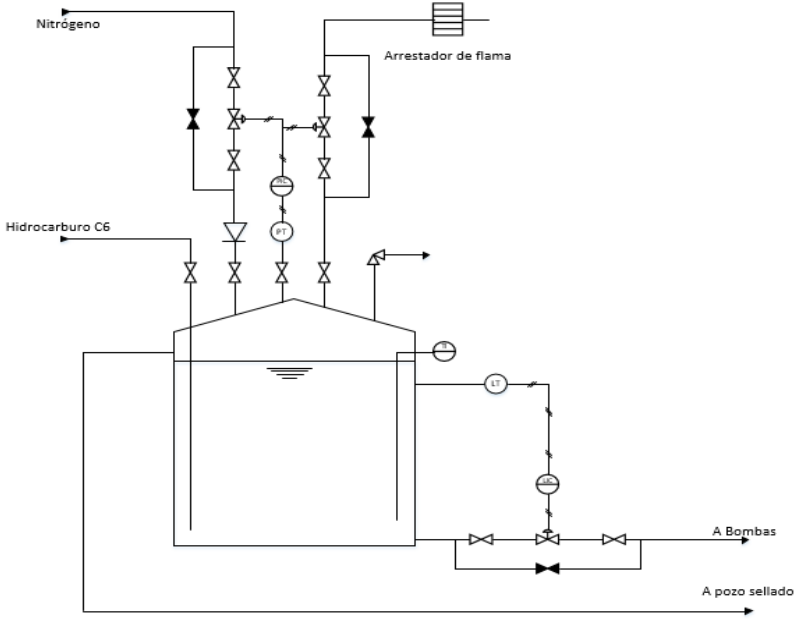
Proyecto No:			Miembros del equipo:	Sección:			Página No:	
Descripción y objetivo:				Documentos de referencia:			Fecha:	
							Diagrama No:	
Líder:				Registro por:				
Nº	¿Qué pasa si...	Consecuencia	Causas	Barrera de seguridad	Probabilidad	Riesgo	Recomendación	Responsable

Fuente: SURA

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Ejemplo What-if

- Realizar un análisis What-If en un tanque de almacenamiento de un hidrocarburo (C6) que posee un sistema de inyección de un gas inerte (N2), el cual mantiene la presión del tanque necesario para reducir la concentración de hidrocarburo en fase vapor y así impedir la formación de una atmosfera inflamable.



Fuente: SURA

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

WHAT-IF

Documentos requeridos

- Diagramas de proceso e instrumentación (P&ID)
- Fichas de seguridad de las sustancias químicas (FDS)
- Planos de la planta (Layout, Plot plant)
- Descripción del procedimiento de operación

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Proyecto No:			**Miembros del equipo:**	**Sección:**			**Página No:**	
Descripción y objetivo:				**Documentos de referencia:**			**Fecha:**	
Líder:				**Registro por:**			**Diagrama No:**	
Nº	**¿Qué pasa si…**	**Causas**	**Consecuencias**	**Barrera de seguridad**	**Probabilidad**	**Riesgo**	**Recomendación**	**Responsable**
1	la presión del tanque aumenta?	Reacciones indeseadas en el tanque. Llenado repentino del tanque sin compensación. Inyección descontrolada de nitrógeno.	Sobrepresión con potencial de comprometer la integridad del tanque y provocar una ruptura y la perdida de contención primaria.	Arrestador de flama. Válvula de alivio.	Baja		Protocolo de revisión y mantenimiento de la válvula de alivio	
2	la presión del tanque disminuye?	Vaciado repentino del tanque sin compensación.	Aumentos de presión con potencial de comprometer la integridad del tanque y provocar su colapso y la pérdida de contención primaria.	Sistema de inyección de nitrógeno.	Baja		Colocar una válvula PV	
3	el nivel del tanque aumenta?	Obstrucciones en la salida del tanque sin que los operarios se den cuenta	Aumento del nivel con potencial de sobrepasar las condiciones de diseño y comprometer la integridad del tanque.	Rebose del tanque que va a pozo sellado	Media		Colocar una alarma de nivel alto	
4	el nivel del tanque disminuye?	Obstrucciones en la entrada del tanque sin que los operarios se den cuenta	Ausencia de flujo de salida del tanque, deteniendo o demorando la operación.	Ninguna	Media		Colocar una alarma de nivel bajo	

WHAT-IF

Ejemplo: Llene los espacios en blanco

Proyecto No:			**Miembros del equipo:**	**Sección:**			**Página No:**	
Descripción y objetivo:				**Documentos de referencia:**			**Fecha:**	
Líder:				**Registro por:**			**Diagrama No:**	
Nº	**¿Qué pasa si…**	**Causas**	**Consecuencias**	**Barrera de seguridad**	**Probabilidad**	**Riesgo**	**Recomendación**	**Responsable**
5	la temperatura de alimentación del tanque aumenta?	Fuego externo en los alrededores del tanque						
		Falla en el enfriamiento de la corriente de Hexano de la planta						
6	la temperatura de alimentación del tanque disminuye?	Cambio en la composición de la alimentación del tanque						

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

WHAT-IF

ANEXO DE LA GUÍA PHA WHAT IF?

¿El presente documento resume una lista de posibles preguntas ha realizar en el estudio Qué pasa si…?, para el caso "sistema de almacenamiento de hidrocarburos". Las preguntas se encuentran ordenadas según el equipo al cual se le hace el análisis. Es esencial recordad que el estudio ¿Qué pasa si? es un ejercicio de creatividad y su éxito depende de la correcta formulación de las preguntas por parte del grupo de expertos. Esta lista puede ser utilizada como una guía o como punto de inicio para el estudio, pero no se debe usar como lista de chequeo ni como única fuente de preguntas para el estudio.

FUENTE

[1] Dennis P. Nolan. Safety and Security Review for the Process Industries Application of HAZOP, PHA, What-If and SVA Reviews. Chapter 5. 4th Edition, Elseiver, 2015

TUBERÍAS

Número	Preguntas (Tuberías)
1.1	¿Qué pasa si la tubería tiene fugas?
1.2	¿Qué pasa si gases inflamables de alta presión, corrosivos o tóxicos entran en una tubería de líquido?
1.3	¿Qué pasa si la tubería se fractura?
1.4	¿Qué pasa si la tubería se tapona?
1.5	¿Qué pasa si la tubería se angucia?

Fuente: SURA

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

HAZOP
Hazard and Operability Analysis

HAZOP

¿QUÉ ES?

Técnica desarrollada para Identificar y evaluar los peligros (seguridad, salud y ambientales) en una planta de procesos, por medio de la identificación de los posibles problemas operativos.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

OBJETIVO

- Revisión sistemática y detallada de un proceso u operación para determinar si las desviaciones de la operación (respecto al diseño) pueden llevar a consecuencias no deseadas.
- Listado de causas y consecuencias de una desviación y las barreras que la evitan. Cuando se determinan inapropiadas, el equipo recomienda acciones para reducir el riesgo.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

HAZOP

Descripción

- Se requiere información detallada relacionada con el diseño y la operación del proceso. Suele usarse en procesos en etapa de ingeniería de detalle o existentes.
- Análisis basado en escenarios.
- Equipo multidisciplinario usa una aproximación sistemática y creativa para identificar los problemas de operatividad.
- Líder del equipo: dirige usando unas palabras guía aplicada en punto específicos de la operación y se combina con parámetros de la operación.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

HAZOP

Descripción

- Revisión de diagramas del proceso y procedimientos durante una serie de reuniones.
- Se fomenta la lluvia de ideas de un equipo con diferentes formaciones y experiencia.
- Se centra en puntos específicos del proceso que corresponden a secciones o pasos del mismo.
- Se identifican las posibles desviaciones en cada punto y se analizan, antes de continuar con el siguiente.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Palabras guía

PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS
NO	NO HAY FLUJO	
MAS	MAS TEMPERATURA	
MENOS	MENOS FLUJO	
CONTRARIO o INVERSO	FLUJO INVERSO	
ADEMAS DE	IMPUREZAS o FASE EXTRA	
PARTE DE	VARIACION EN LA COMPOSICION	
DIFERENTE DE	ACTIVIDADES DISTINTAS	

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Palabras guía

PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS
NO	NO HAY FLUJO	Bloqueo, fallo en la bomba, válvula cerrada, fuga, recipiente de succión vacío, falla de control, descarga sobrepresurizada
MAS	MAS TEMPERATURA	Fuego exterior, puntos calientes, bloqueo, formación de espuma, explosión de la reacción, gases, efecto del sol
MENOS	MENOS FLUJO	
CONTRARIO o INVERSO	FLUJO INVERSO	Falla de válvula, descarga despresurizada, inversión del bombeo
ADEMAS DE	IMPUREZAS o FASE EXTRA	Entrada de contaminantes como agua o, aceites, corrosión, falla del aislamiento.
PARTE DE	VARIACION EN LA COMPOSICION	Concentración alta o baja de la mezcla, cambio en la alimentación, reacciones adicionales
DIFERENTE DE	ACTIVIDADES DISTINTAS	Marcha y parada de planta, inspecciones y muestreo, mantenimiento, fallo de energía, emergencia de proceso.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Parámetros para estudio HAZOP

Flujo	Velocidad
Presión	Frecuencia
Temperatura	Viscosidad
Nivel	Voltaje
Tiempo	Racción
Composición	Mezcla
pH	Adición

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Parámetros para estudio HAZOP

Palabra guía + parámetro:

- Puede resultar más de una desviación para la misma combinación.
  - “Más temperatura” -> + velocidad de reacción.

    -> + cantidad de productos
- También puede resultar que no haya desviación.
- Pueden no ser físicamente posibles todas las combinaciones.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Descripción

- Con un proceso con parámetros con interrelaciones complejas de los mismos puede ser mejor aplicar todas las combinaciones con las palabras ´guía de manera individual.
- Para procedimientos de operación puede resultar más práctico aplicar todas las palabras guía a cada paso del proceso.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

HAZOP

Etapas

1. Definición de objetivos, alcance y equipo: delimitar el objeto de estudio o las áreas, para lo cual se definirán subsistemas.
2. Definición de los nodos: identificar y numerar los nudos de estudio en cada subsistema.
3. Definición de las desviaciones a estudiar y aplicación de “palabras guía” a cada nudo.
4. Se sugiere una aplicación exhaustiva de todas las combinaciones posibles entre desviaciones de variables y “palabras guía”, descartando aquellas que no tengan sentido para determinado nudo.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Requerimientos y limitaciones

- Se requieren diagramas de ingeniería precisos, actualizados (P&ID).
- Conocimiento importante del proceso, instrumentación y operación.
- Equipo con conocimientos diversos: ingeniería, mantenimiento, operaciones, etc.
- Puede consumir mucho tiempo.
- No define evento de alta/baja probabilidad o consecuencias.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Resultados

- Hallazgos del equipos, presentados en tablas (con varias columnas).
- Peligros identificados.
- Problemas operativos identificados.
- **Recomendaciones para cambios en diseño, procedimientos o posibles mejoras.**
- **Recomendaciones para otros estudios.**

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Resultados

Área/Proceso/Equipo:				Fecha: Analistas:		
Palabra guía	**Parámetro**	**Desviación**	**Causa**	**Consecuencia**	**Barreras**	**Recomendaciones**

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

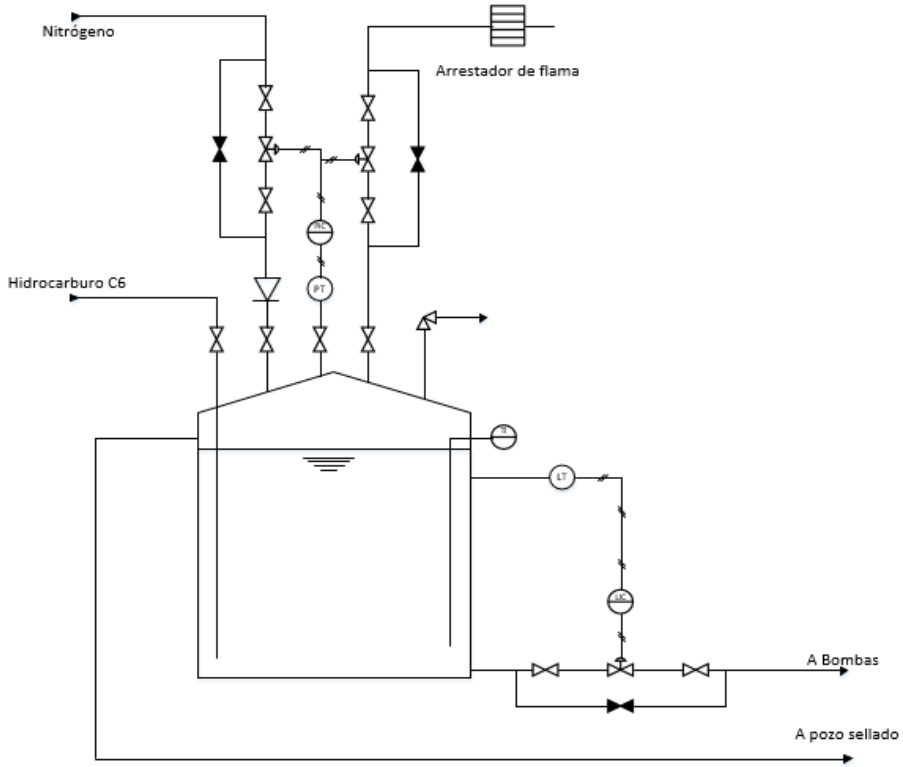
Taller HAZOP

- Realizar análisis HAZOP en un tanque de almacenamiento de un hidrocarburo (C6) que posee un sistema de inyección de un gas inerte (N2), el cual mantiene la presión del tanque necesario para reducir la concentración de hidrocarburo en fase vapor y así impedir la formación de una atmosfera inflamable.

Fuente: SURA

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

HAZOP



Condiciones de operación:

Flujo: 100 gal/min
Composición: C6:84%, C5:10%, C7:6%
Presión de operación:5 Psig
Presión de diseño: 12,3 Psig
Temperatura operación: 85°F
Temperatura de diseño:200°_F

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Taller: llenar los espacios en blanco

Área/Proceso/Equipo:				Fecha: Analistas:		
Palabra guía	**Parámetro**	**Desviación**	**Causa**	**Consecuencia**	**Barreras**	**Recomendaciones**
Alto	Nivel					
Bajo	Nivel					
Más	Presión					

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Taller: llenar los espacios en blanco

Área/Proceso/Equipo:				Fecha: Analistas:		
Palabra guía	**Parámetro**	**Desviación**	**Causa**	**Consecuencia**	**Barreras**	**Recomendaciones**
Menos	Presión					
Más	Temperatura					
Menos	Temperatura					

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

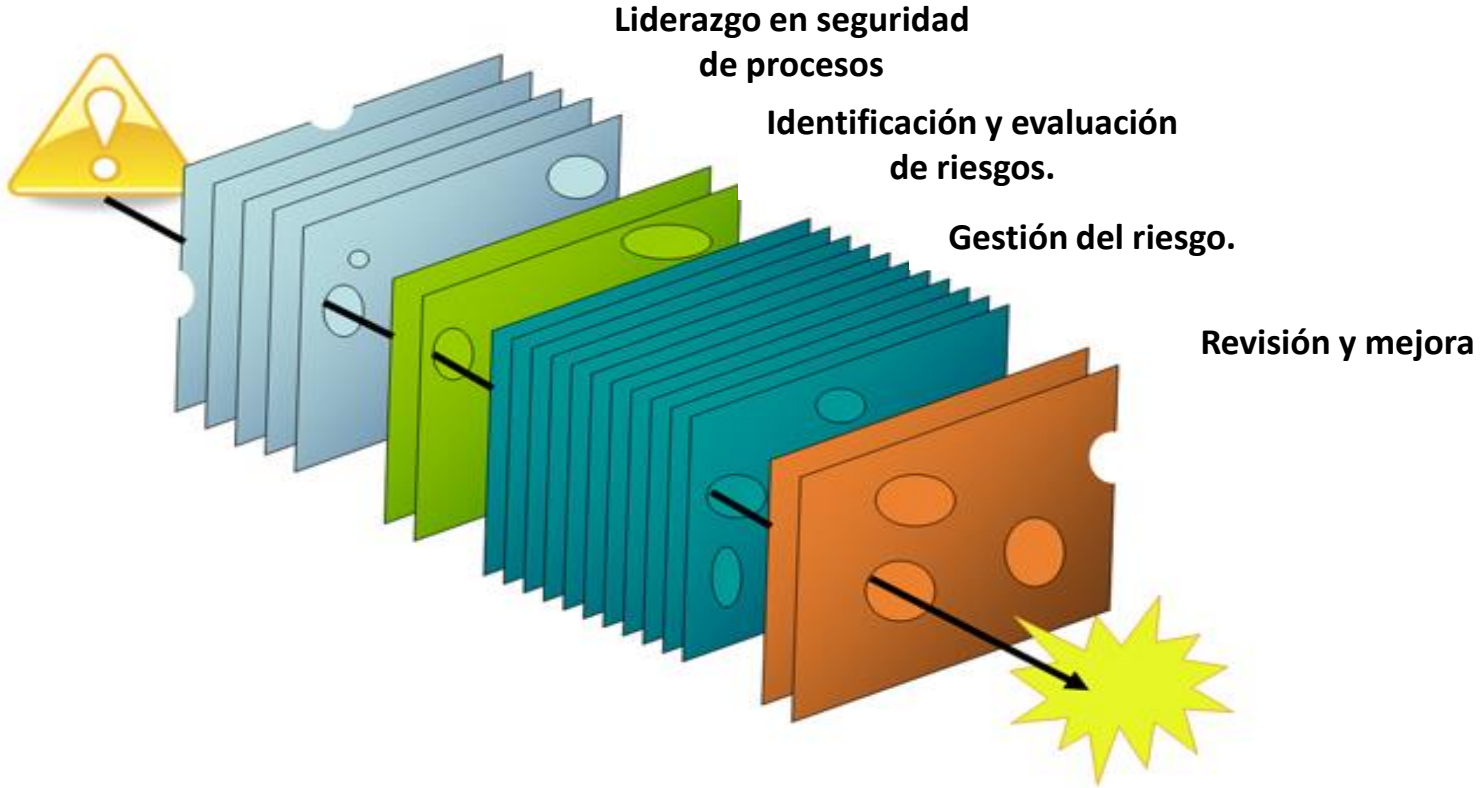
¿QUÉ ES?

El análisis de corbatín o Bow-Tie (también conocido como diagrama de mariposa), es una técnica cualitativa basada en el modelo de causalidad de un accidente o de queso suizo de James Reason (Swiss cheese model).

En lugar de preguntarse qué podría salir mal y cómo prevenirlo, **el análisis Bowtie se centra en lo que tiene que salir bien y cómo asegurarlo.**

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

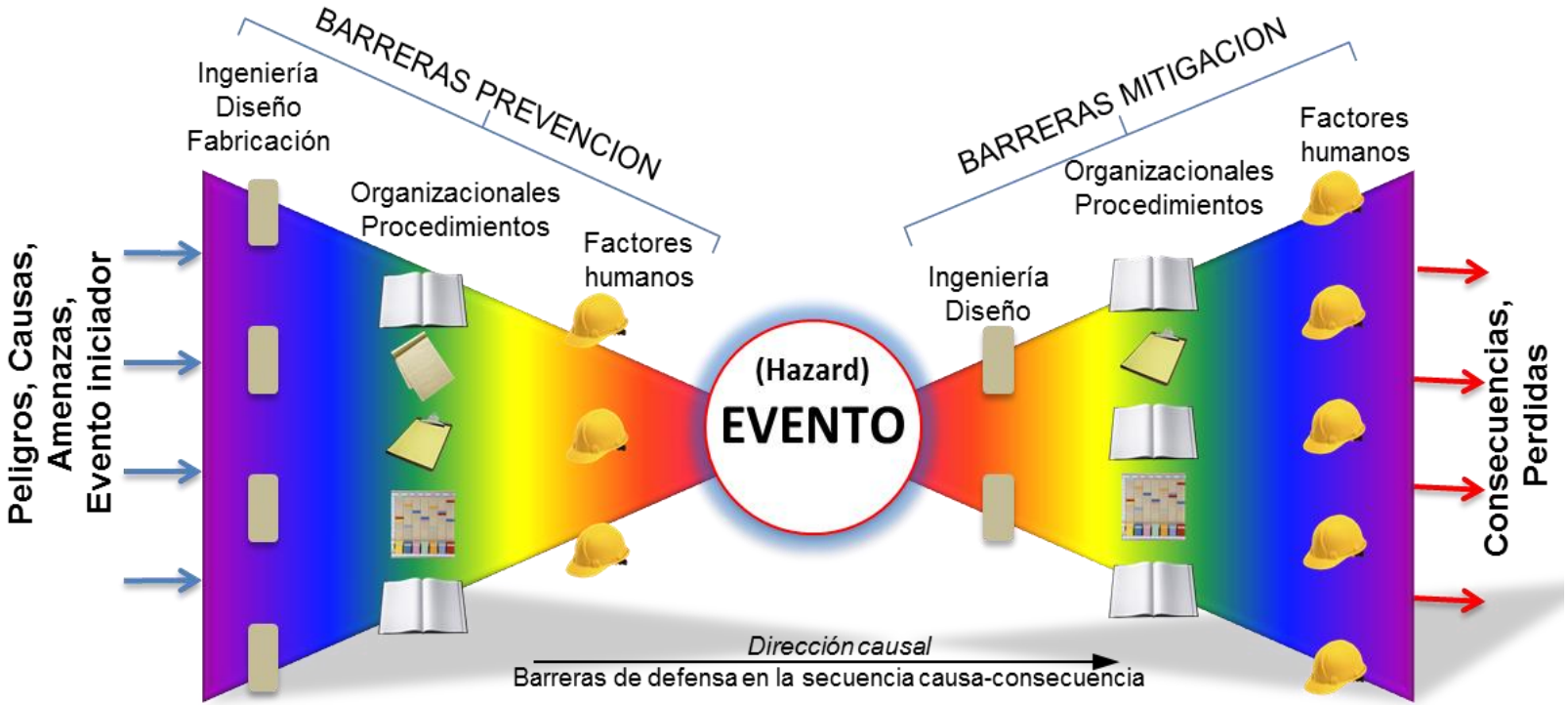
BOWTIE



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

Modelo de gestión de barreras



Fuente : SURA

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

OBJETIVO

Identificar las causas o amenazas, el evento no deseado (evento límite) y las consecuencias, así como, las barreras específicas de ingeniería, organizacionales y humanas, las cuales proporcionan capas de defensa en contra de las amenazas y de la posible falla de las barreras de prevención o mitigación.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

Descripción

- Los diagramas Bowtie inician con la descripción del peligro, que es la situación que puede causar un evento no deseado como lesiones a personas, daño a la propiedad, etc. Ej. Gasolina almacenada en un tanque.
- Por cada peligro identificado se describe el evento límite, que es cómo ocurre el evento no deseado. Este puede ser una pérdida de contención primaria, pérdida de control, inestabilidad, etc. Ej.: Rebose del tanque y derrame en el dique.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

Descripción

- La decisión de continuar con la descripción de las consecuencias antes que las amenazas o causas es opcional. Sin embargo, empezar definiendo las consecuencias le permite al equipo identificar solamente las causas que puedan conducir a consecuencias significativas. Ej.: impacto, daño o contaminación ambiental menor al suelo del dique.

- Las amenazas, son las causas potenciales que conllevan a que el peligro se libere, a que ocurra el evento límite. Es decir, lo que causa la pérdida de contención, o de control. Ej.: exceso de flujo de llenado del tanque.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

Descripción

- Las barreras son los dispositivos, sistemas o acciones que puede interrumpir la cadena de eventos no deseados. Hay barreras de prevención (lado izquierdo) y barreras de mitigación (lado derecho). Ej.: dique de contención.
- **Para que la barrera sea capaz de detener la amenaza, estas deben reunir tres atributos, ser efectivas, independientes y auditables.**
- **A su vez, las barreras pueden ser de tres tipos: activas, pasivas y humanas.**

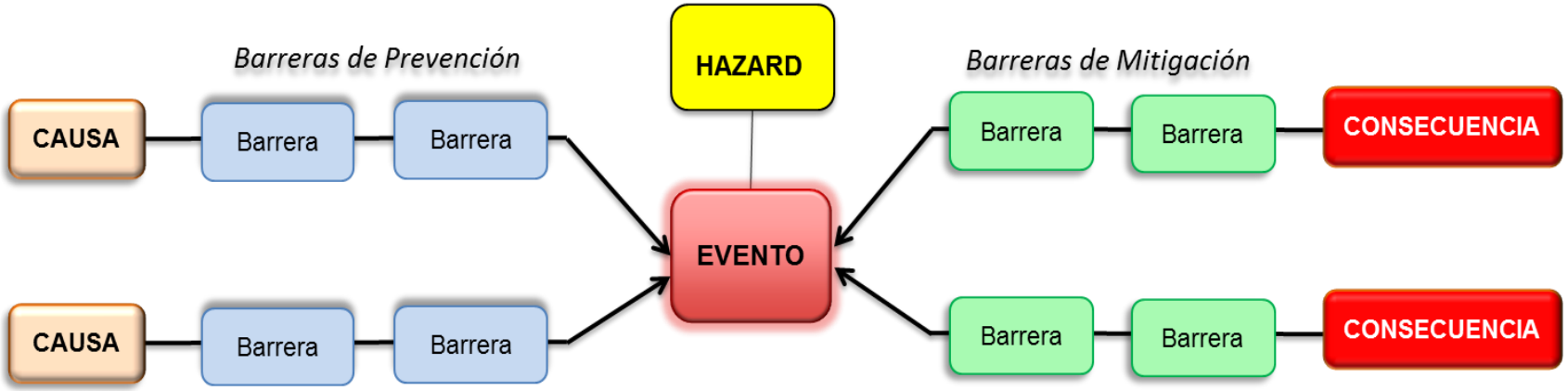
ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

Tipo de barrera	Ejemplos
Pasivas	Diques, muros anti explosión, barreras contra impacto, pintura anticorrosiva, distancias de seguridad.
Activas	Sistemas de control de proceso y sistemas de instrumentados de seguridad.
Humanas	Válvula ESD activadas por el operador, Alarmas de gas y la decisión humana de evacuar. Detección y respuesta del operador (durante ronda estructurada)

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Elementos de un Bowtie



Fuente : SURA

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

Descripción

- Las factores de degradación y controles de degradación son dibujados en el Bowtie debajo de las barreras donde apliquen. Esta es una condición que conlleva a la degradación de la barrera reduciendo su efectividad, lo cual incrementa la probabilidad de ocurrencia de eventos indeseados. Ej.: Válvula de dique abierta o con pase. **Controles**: aplicación del procedimiento operacional, entrenamiento, ronda estructurada del operador.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

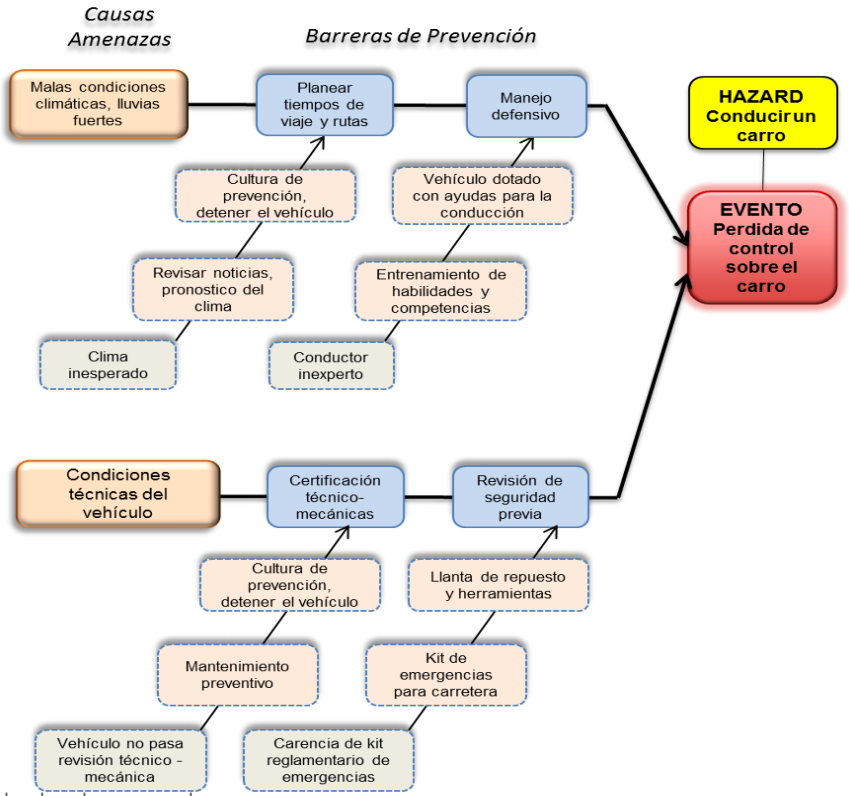
Procedimiento

1. Identificar peligro y evento límite
2. Identificar consecuencias
3. Identificar amenazas
4. Identificar barreras preventivas (lado izquierdo)
5. Identificar barreras de mitigación (lado derecho)
6. Identificación de factores de degradación y sus controles (ambos lados)

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

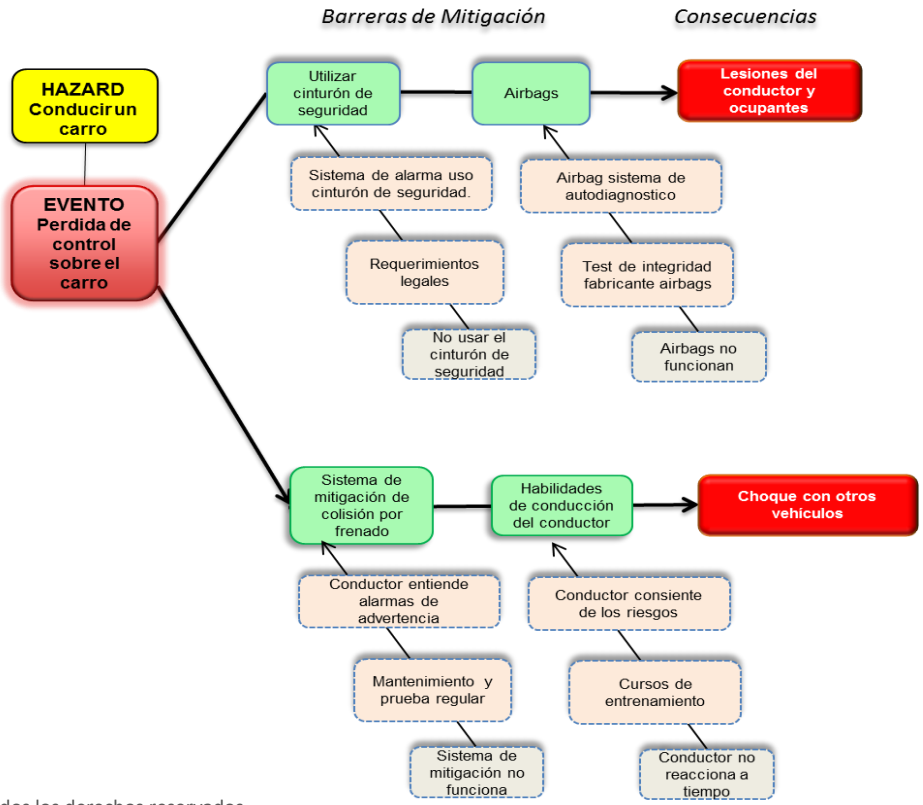
Fuente: Bow Tie for Risk Management, CCPS

BOWTIE



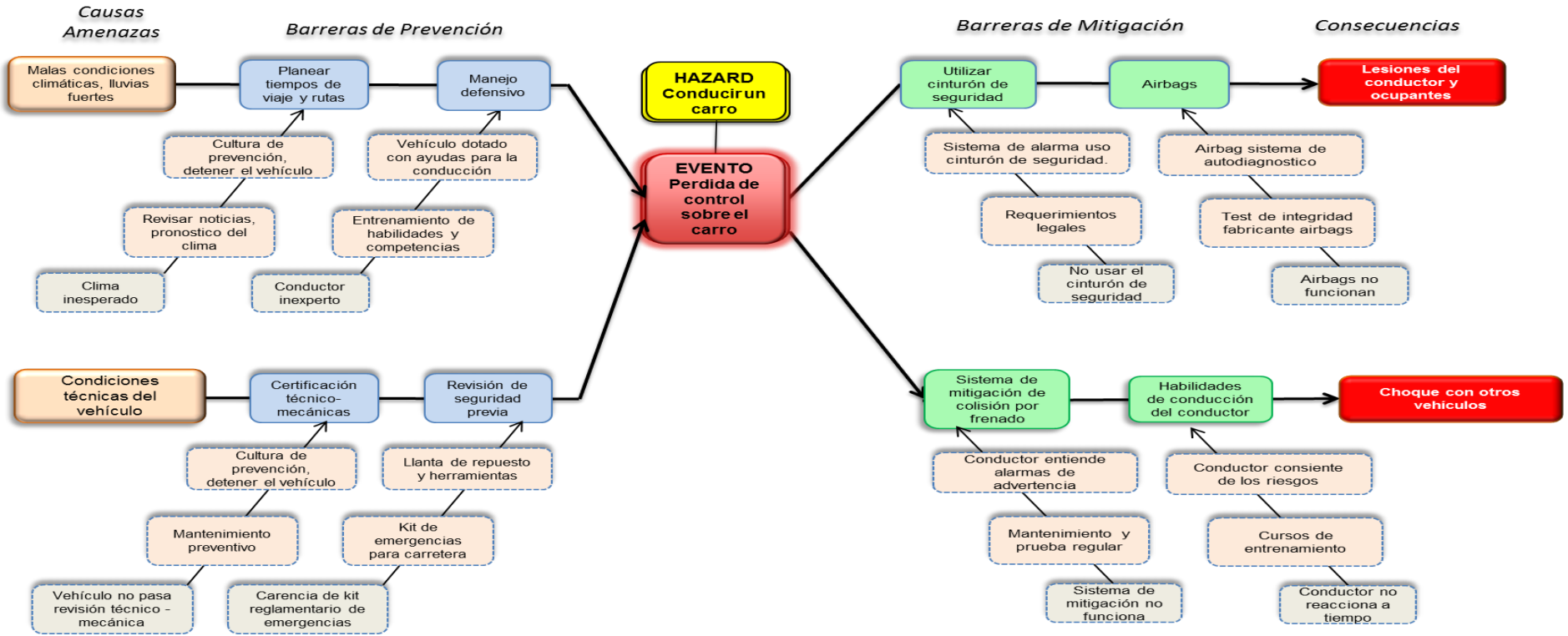
ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

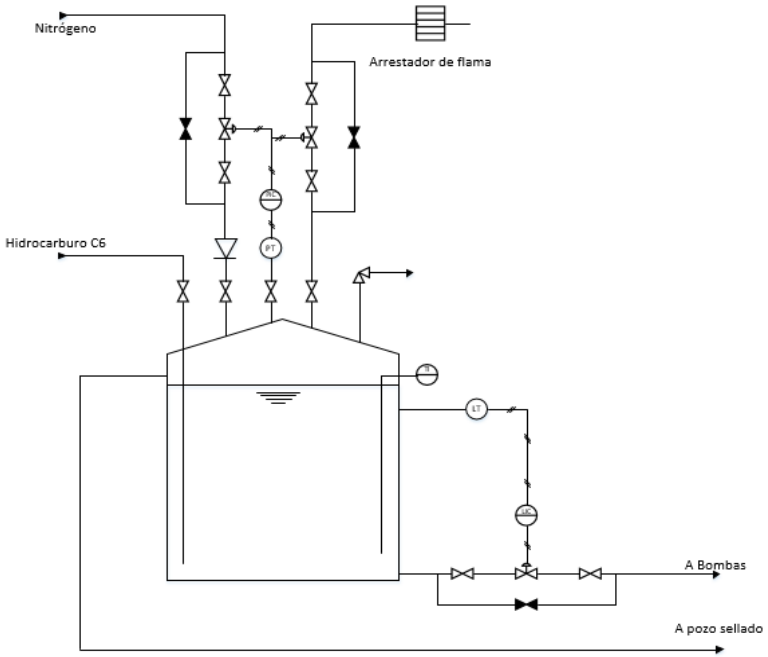
BOWTIE



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Taller: Bowtie

- Continúe con la elaboración del diagrama Bowtie para el peligro Gasolina almacenada en un tanque:
- Identifique otras causas y/o consecuencias adicionales para este peligro.
- Identifique sus barreras preventivas y de mitigación así como los factores agravantes y controles.



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

BOWTIE

- Taller: desarrolle el corbatín relacionado con el tanque de C_6:

Peligro: Hexano almacenado en un tanque							
Evento límite: Pérdida de contención primaria de Hexano							
Causas o amenazas	Barreras preventivas	Factores agravantes (1)	Controles (1)	Barreras de mitigación	Factores agravantes (2)	Controles (2)	Consecuencias

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

FTA - Árbol de fallas

ARBOL DE FALLAS

¿QUÉ ES?

- Modelo que usa un árbol lógico que muestra gráficamente **la combinación de posibles fallas secuenciales** que pueden llevar a un evento específico (evento tope).
- **Sistemáticamente** define la secuencia exacta de eventos que pueden llevar a un evento final.
- Técnica **deductiva** que se enfoca en un evento particular.
- Permite identificar los **caminos** en términos de **fallas de equipos y errores humanos** que pueden conducir a un accidente .
- Puede ser usada en fases de **diseño, modificaciones y operación**.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE FALLAS

Objetivo

- Determinar las causas de un evento iniciador.
- Identificar combinaciones de fallas (humanas y equipos) que pueden llevar a un determinado evento final.
- **Muy adecuado para sistemas redundantes.**
- Se usa mucho cuando otra técnica PHA ha identificado un posible incidente que requiere análisis más detallados.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE FALLAS

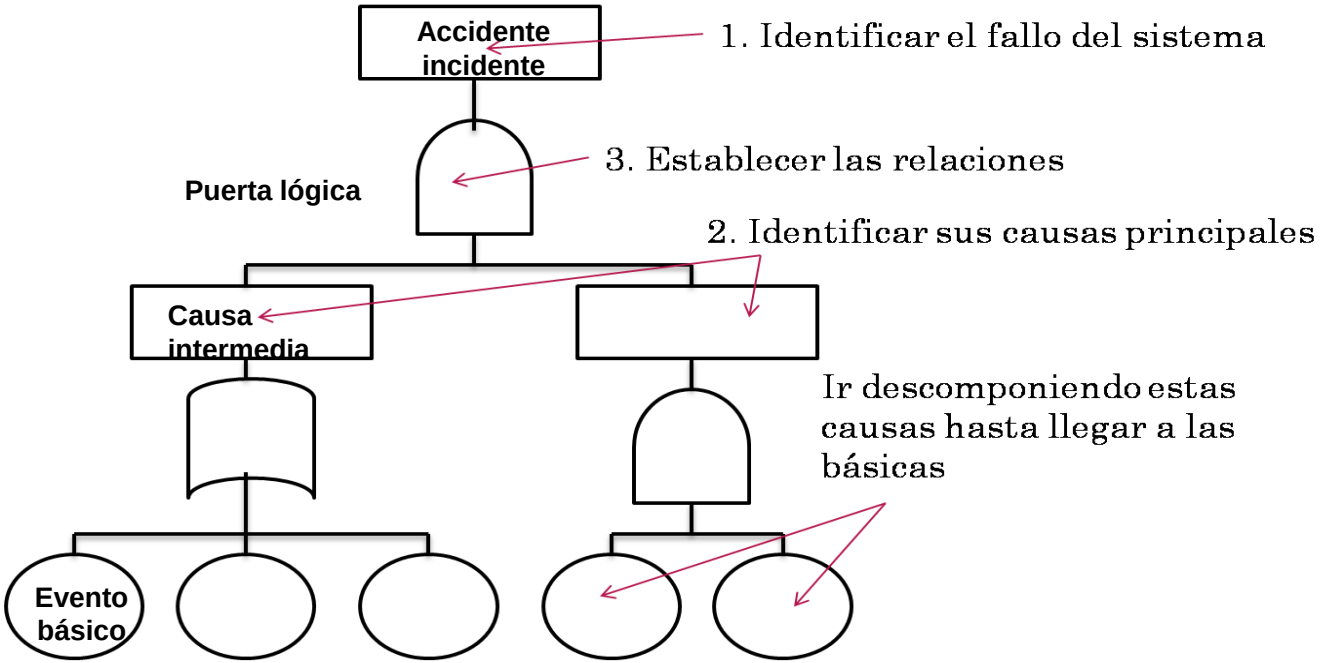
Desarrollo

1. Definición de los objetivos del estudio.
2. Conformación del equipo PHA.
3. Definición del área de estudio y de su resolución. Puede ser organizacional, por áreas o equipos. Depende de los objetivos.
4. **Definición de los eventos top/finales del árbol**. Los fallos de deben ser muy probables o muy graves.
5. **Construcción de los árboles**: analizar las relaciones entre las causas y los efectos y decidir si las puertas de cada rama son OR o AND.
6. Asignación de probabilidades.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE FALLAS

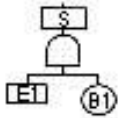
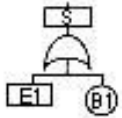
Desarrollo



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE FALLAS

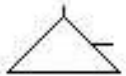
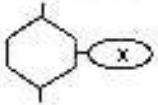
Desarrollo

SÍMBOLOS	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
	SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico.
	SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.
	SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.
	PUERTA "Y"  El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1).
	PUERTA "O"  El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1).

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE FALLAS

Desarrollo

	SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que el árbol sigue en otro lugar.
	PUERTA "Y" PRIORITARIA. El suceso de salida ocurrirá si, y sólo si todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una elipse dibujada a la derecha de la puerta.
	PUERTA "O" EXCLUSIVA. El suceso de salida ocurrirá si lo hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas.
	PUERTA DE INHIBICIÓN. La salida ocurrirá si, y sólo si lo hace su entrada y además se satisface una condición dada (X).

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE FALLAS

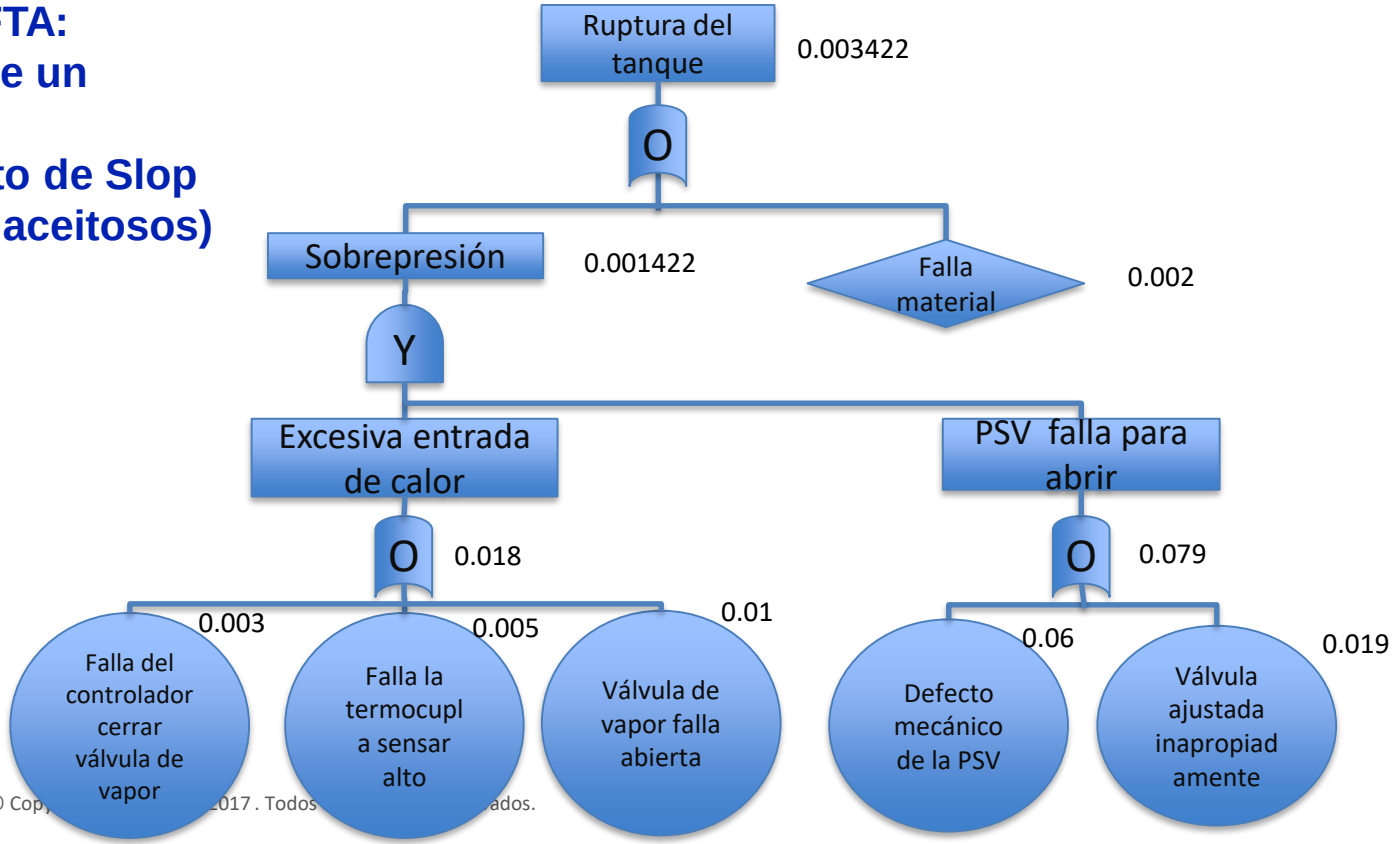
Requerimientos y limitaciones

- **Conocimiento detallado** de cómo funciona el proceso, información del mismo (Ej.: diagramas de ingeniería y procedimientos) y conocimiento de las diferentes fallas.
- Un analista puede trabajar un árbol de fallas si tiene **acceso a toda la información para definir los modos de falla**.
- Para **procesos complejos** se puede trabajar con un equipo, con cada analista enfocado en un árbol.
- Para un evento deben anticiparse todos los modos de falla.
- **Incertidumbre** asociada a los posibles errores de construcción del árbol o a criterios disparejos de los analistas.
- Depende mucho de la **habilidad** de los analistas.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE FALLAS

Ejemplo FTA: Ruptura de un tanque de tratamiento de Slop (residuos aceitosos)



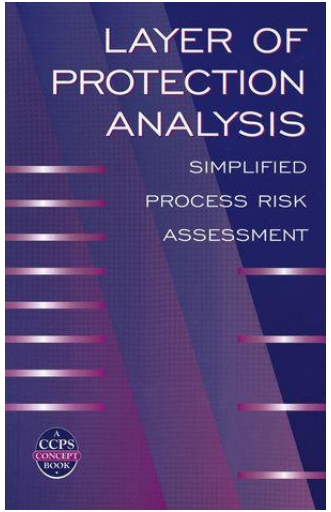
ARL I SURA © Cop 2017 . Todos ados.

ARBOL DE FALLAS

Bases de datos tasas de fallas de los componentes:

- HSE UK
- Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments, 28/06/2012, http://www.hse.gov.uk/landuseplanning/failure-rates.pdf
- OGP, Risk Assessment Data Directory, Report No. 434-1,

  March 2010, http://www.ogp.org.uk/pubs/434-01.pdf
- OREDA, https://www.oreda.com/database/
- CCPS Layer of Protection Analysis



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ETA - Arbol de eventos

ARBOL DE EVENTOS

¿QUÉ ES?

- Un árbol de eventos es una **herramienta grafica** que busca **identificar** todos los **escenarios resultantes de una falla** en los sistemas debido a la ocurrencia de **un evento iniciador**.
- **Muestra gráficamente la combinación de un evento con sus consecuencias**.
- Permite evaluar los sucesos finales resultantes de un **evento iniciador**.
- Método **inductivo**: identifica un evento y los posibles sucesos finales relacionados.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE EVENTOS

Objetivo

- Analizar **cualitativamente** los eventos de fallas.
- Partiendo de eventos básicos, se pueden predecir eventos más complejos.
- **Sirven como base para análisis más complejos** como el análisis cuantitativo de riesgo QRA.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE EVENTOS

Descripción

- Identificar un evento de interés (pudo haber sido identificado por otra técnica PHA).
- Identificar las funciones de seguridad (de los diagramas del proceso, procedimientos identificar los sistemas y sus funciones).

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE EVENTOS

Desarrollo

- Etapa previa, familiarización con el proceso.
- Identificación de sucesos iniciales de interés.
- Definición de circunstancias adversas y funciones de seguridad previstas para el control de sucesos.
- Construcción de los árboles de eventos.
- Estimación de la probabilidad de cada secuencia del árbol de sucesos.
- Cuantificación de las respuestas indeseadas.
- Verificación de todas las respuestas del sistema.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE EVENTOS

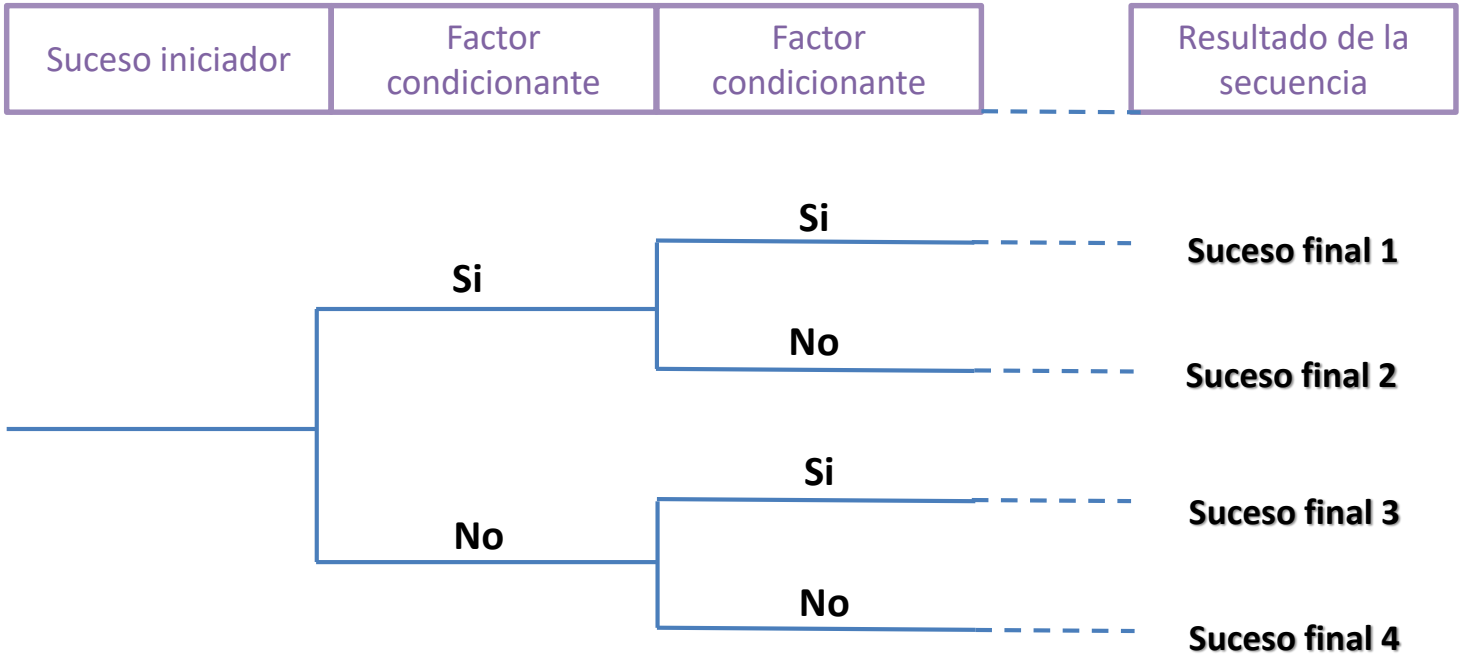
Requerimientos y limitaciones

- Para identificar las consecuencias de un evento iniciador se debe tener ***amplio conocimiento de los potenciales eventos iniciadores*** (como son fallas en equipos o desviaciones en el sistema).
- Conocimiento en el funcionamiento de los ***sistemas de seguridad y planes de emergencia*** que posiblemente controlarían los efectos que pudiese tener el evento iniciador.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

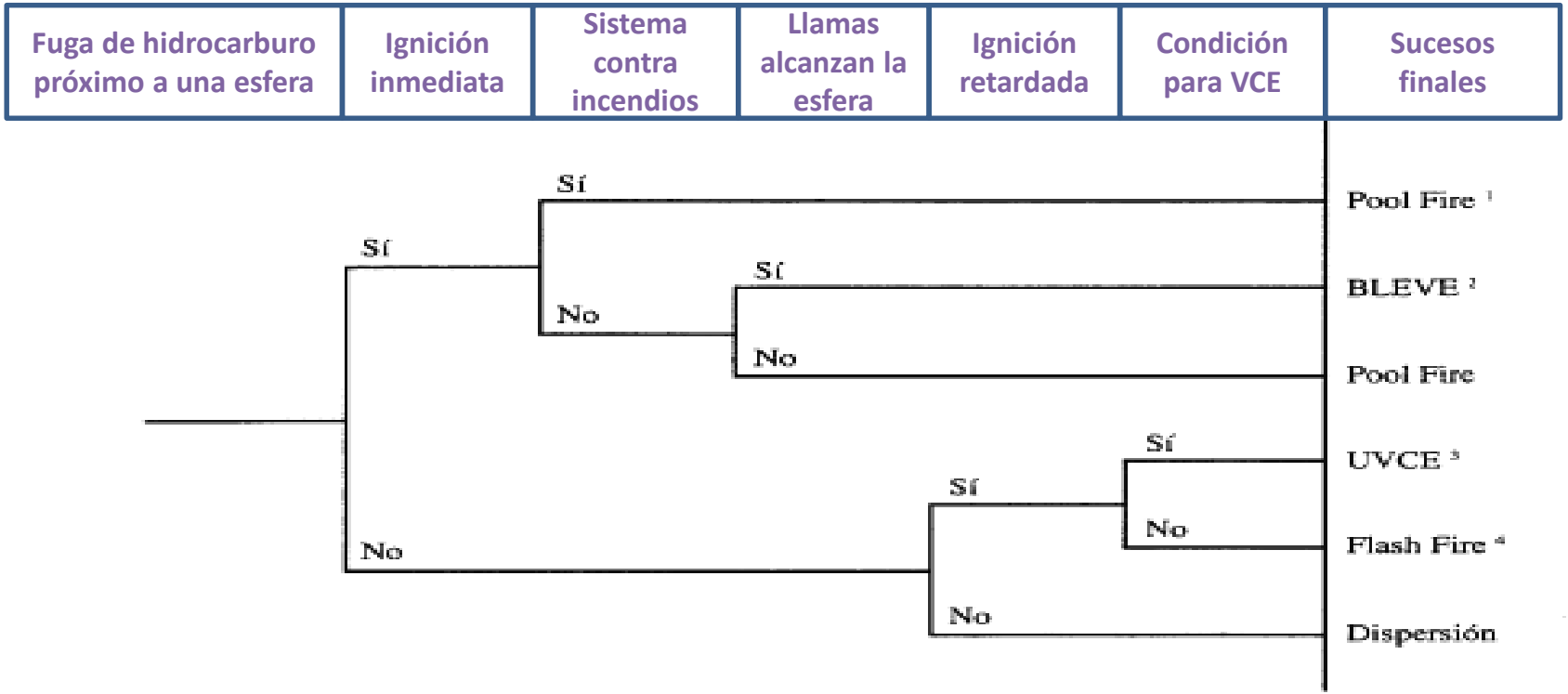
ARBOL DE EVENTOS

Resultados



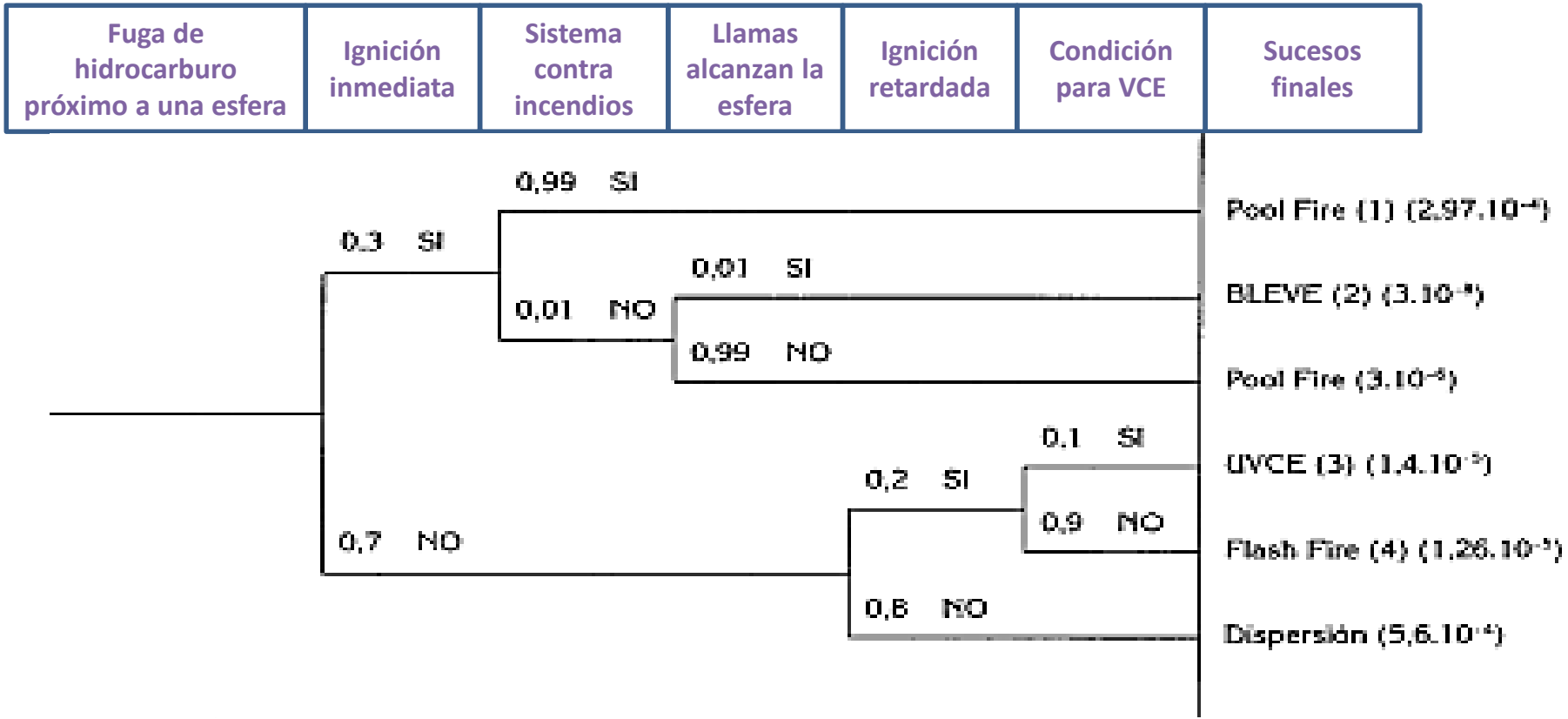
ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE EVENTOS



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ARBOL DE EVENTOS

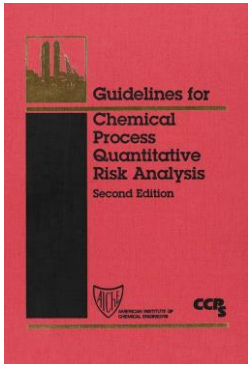


ARBOL DE EVENTOS

Fuga de hidrocarburo próximo a una esfera	Ignición inmediata	Sistema contra incendios	Llamas alcanzan la esfera	Ignición retardada	Condición para VCE	Sucesos finales

La fuente de los datos condicionales de probabilidad puede ser:

- Registro histórico (Sección 5.1),
- Datos de planta y proceso (Sección 5.2),
- Datos químicos (Sección 5.3),
- Datos ambientales (Sección 5.4),
- Datos de confiabilidad del equipo (Sección 5.5),
- Datos de confiabilidad humana (Sección 5.6), y
- el uso de la opinión de expertos (Sección 5.7).



Puede ser necesario utilizar técnicas de árbol de fallas para determinar algunas probabilidades, especialmente para sistemas de seguridad complejos.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

SELECCIÓN TÉCNICAS PHA

SELECCIÓN TÉCNICA PHA

Existe una relación entre el nivel de detalle de las técnicas y la etapa del ciclo de vida en la que se encuentra el sistema a estudiar:

- Las técnicas que tienen un nivel bajo de detalle, se suelen utilizar en las primeras etapas del ciclo de vida de un proyecto para tener una **idea general de los peligros asociados** al mismo y para indicar las áreas donde es recomendable, debido a su peligrosidad, realizar estudios posteriores más detallados (pueden mejorar de forma significativa el coste-efectividad de los siguientes esfuerzos para mejorar la seguridad). Estas técnicas son **PrHA, What-if, Checklist.**

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

SELECCIÓN TÉCNICA PHA

- Las técnicas con un nivel de detalle más elevado, pero que pueden analizar un amplio rango de peligros, se suelen utilizar a partir de la fase de ingeniería básica para identificar escenarios de accidente, los cuales pueden estudiarse más en profundidad con técnicas más específicas. Estas técnicas son **Safety Review, HAZOP y FMEA**.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

SELECCIÓN TÉCNICA PHA

- Las técnicas con un nivel de detalle elevado y especializadas en evaluar un escenario importante de accidente, se suelen utilizar a partir de la fase de ingeniería detallada, requieren personal especializado y formado y su aplicación requiere más tiempo y esfuerzo que para las técnicas anteriores. Estas técnicas son **FTA, ETA HRA y CCA**.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

SELECCIÓN TÉCNICA PHA

	Safety Review	Checklist	PreHA	What-if	What-if/ checklist	HAZOP	FTA	ETA
I+D			■	■				
Diseño Conceptual		■	■	■	■			
Operación planta piloto		■	■	■	■	■	■	■
Ingeniería Detallada		■	■	■	■	■	■	■
Construcción/ arranque	■	■		■	■			
Operación rutinaria	■	■		■	■	■	■	■
Expansión o Modificación	■	■	■	■	■	■	■	■
Investigación de incidentes				■		■	■	■
Decomisionado	■	■		■	■			

Raramente usado o inapropiado

■ Comúnmente usado

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

Análisis de consecuencias

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

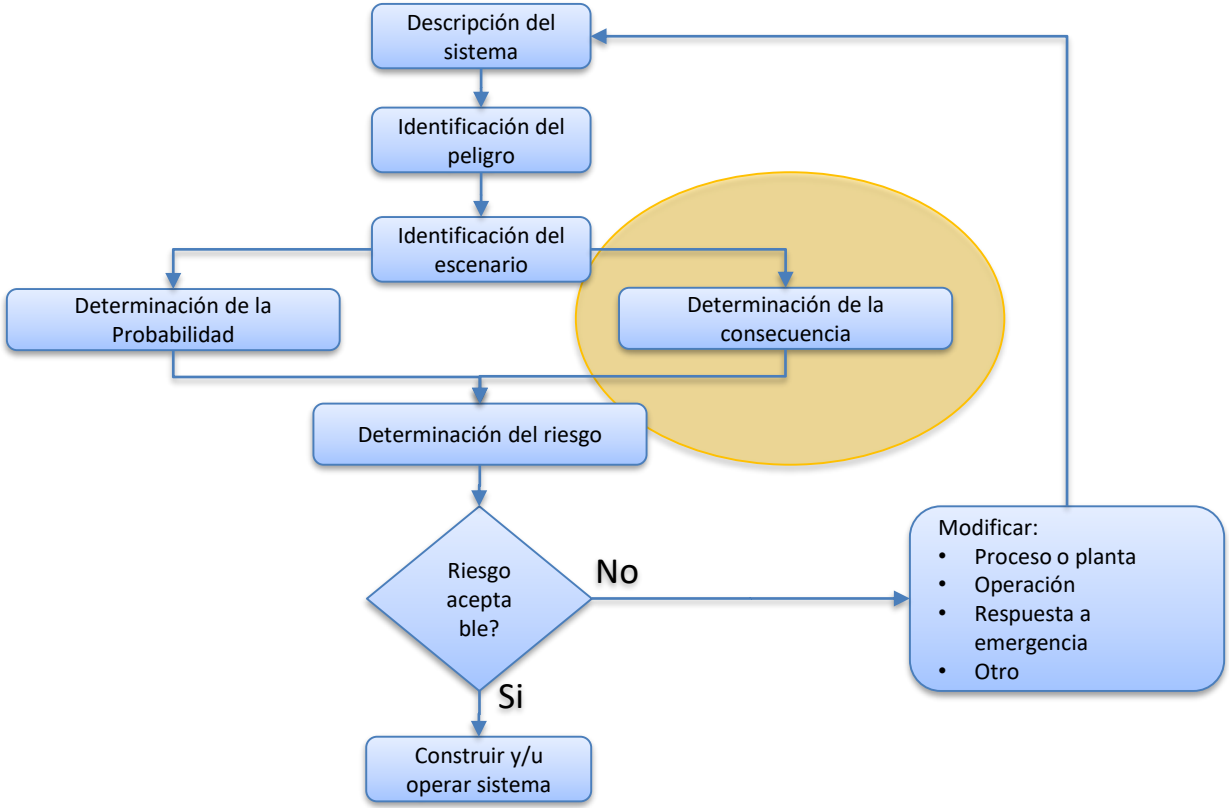
¿Que es?

- Esta una herramienta que permite desarrollar modelos de consecuencia y efectos, comúnmente usado como input en los QRAs.
- **Está relacionado con los impactos causados por la exposición a los peligros**, ya sean crónicos o agudos.
- **Se enfoca en los efectos agudos que** usualmente se refiere a: **fatalidades o lesiones** y **daños a la propiedad**.
- Efectos crónicos (largo plazo) usualmente se asocia con efectos carcinogénicos, enfermedad degenerativa.
- Ambiental puede referirse a: impactos sobre la salud humana (usualmente crónico)e impactos sobre la fauna y flora.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

¿Que es?



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Objetivo

- **Evaluar el impacto de las consecuencias** directas e indeseadas de eventos potencialmente peligrosos (incendio, explosión, reacciones químicas descontroladas, emisiones peligrosas de energía o materiales tóxico), sin tener en cuentas las barreras del proceso.
- Se busca conocer **el tipo de consecuencia, la severidad y el número de afectados, el nivel de daños sobre las instalaciones** y el ambiente, tanto dentro como fuera de la instalación.
- **Sirven como base para análisis más complejos** como el análisis cuantitativo de riesgo QRA.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción

- Los escenarios de accidentes típicos resultarán en una **liberación indeseable de la sustancia** causando: nube tóxica, explosión, fuego (radiación térmica, flamazo (flash fire), incendio de chorro (jet fire). También se presentan BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) y explosión nube de vapor (VCE) confinado y no confinado y fase condensada.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción

Algunos criterios para evaluar el impacto de la exposición aguda son:

- los Emergency response planning guidelines ERPG's, emitidos por la AIHA (Asociación Americana de Higiene Industrial)
- Los Acute Exposure Guidelines (AEGLs) emitidos por la USEPA (Agencia de protección ambiental)
- Los Inmediatelly Dangerous to Life or Health (IDLH) por el NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional)
- Otros (TEEL, PAC-DOE)

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción

Los ERPG proveen estimados de rangos de concentración donde se podría anticipar efectos adversos observables.

ERPG-2 es el valor típico usado para análisis de consecuencias fuera del sitio.

Los ERPG-2, es la máxima concentración en el aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos podría estar expuestos hasta por una hora sin experimentar o desarrollar efectos adversos o síntomas irreversibles o muy graves para la salud que pudieran impedirles emprender alguna acción de protección.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción

ALOHA al modelar una liberación de sustancias químicas tóxicas, le proporcionará las opciones predeterminadas de criterios de exposición basado en la siguiente jerarquía: AEGLs, ERPGs, PACs, límite IDLH.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Ejemplo: criterios de exposición aguda ERPGs

Current ERPG™ Values (2010)

Chemical (CAS Number)	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3	LEL***
Acetaldehyde (75-07-0)	10 ppm✪	200 ppm	1000 ppm	
Acetic Acid (64-19-7)	5 ppm✪	35 ppm	250 ppm	
Acetic Anhydride (108-24-7)	0.5 ppm✪	15 ppm	100 ppm	
Acrolein (107-02-8)	0.05 ppm✪	0.15 ppm	1.5 ppm	
Acrylic Acid (79-10-7)*	1 ppm✪	50 ppm	250 ppm	
Acrylonitrile (107-13-1)	10 ppm✪	35 ppm	75 ppm	
Allyl Chloride (107-05-1)	3 ppm✪	40 ppm	300 ppm	
Ammonia (7664-41-7)	25 ppm✪	150 ppm	750 ppm	
Arsine (7784-42-1)	NA†	0.5 ppm	1.5 ppm	
Benzene (71-43-2)	50 ppm✪	150 ppm	1000 ppm	
Benzoyl Chloride (98-88-4)	0.3 ppm✪	5 ppm	20 ppm	
Benzyl Chloride (100-44-7)	1 ppm✪	10 ppm	50 ppm	
Beryllium (7440-41-7)*	NA†	25 μg/m³	100 μg/m³	
Bis (Chloromethyl) Ether (542-88-1)	ID‡	0.1 ppm	0.5 ppm	
Boron Trifluoride (7637-07-2)	2 mg/m³✪	30 mg/m³	100 mg/m³	
Bromine (7726-95-6)	0.1 ppm✪	0.5 ppm	5 ppm	

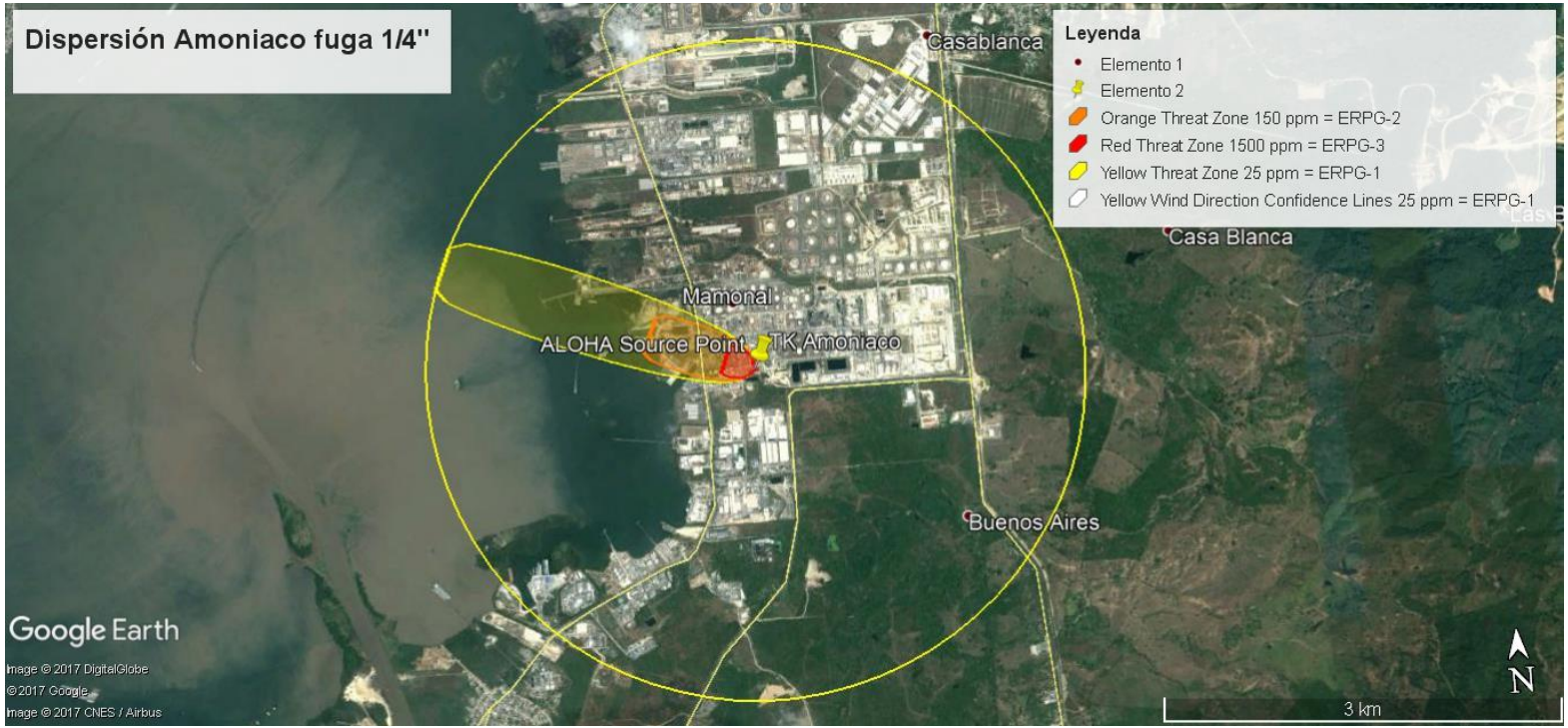
2010 ERPG/WEEL Handbook 20 *AIHA Guideline Foundation*

Nota: Estas tablas se deben de actualizar conforme a la publicación del Handbook AIHA.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Ejemplo: visualización de resultados



ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción

Algunos documentos guía sobre evaluación de la exposición para localización:

- API RP 752 Management of hazards associated with location of process plant permanente buildings.
- API RP 753 Management of hazards associated with location of process plant portable buildings.
- CCPS Guidelines for evaluating process plant building for external explosions, fires, and toxic releases.
- CCPS Guidelines for vapor cloud, pressure vessel burst, BLEVE, and flash fire Hazards.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción

Algunos software de modelamiento de consecuencias

- ALOHA
- RMP Comp
- Breeze Incident Analysis
- PHAST
- Ansys
- Fire Dynamics Simulator (FDS)
- FLACS

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción

Para simular **liberaciones tóxicas** es necesario conocer:

- Parámetros de proceso
  - Temperatura
  - Inventario disponible y rata de liberación
  - Duración del evento
- Parámetros de análisis
  - Punto límite para el análisis de toxicidad
  - Condiciones atmosféricas

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción:

Clase de estabilidad: los meteorólogos han definido seis clases

- A - Condiciones extremadamente inestables
- B – Condiciones moderadamente inestables
- C – Condiciones ligeramente inestables
- D – Condiciones neutrales
- E – Condiciones ligeramente estables
- F – Condiciones moderadamente estables
- G – Extremadamente estables

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción: Efectos de la radiación térmica

Intensidad de radiación (kW/m2)	Efecto observado
37.5	Suficiente para causar daño a los equipos de proceso
25	Energía mínima requerida para encender la madera-largos periodos de exposición (no pilotada)
12.5	Energía mínima requerida para ignición de madera pilotada, fundición de tubería de plástico
9.5	Umbral del dolor después de 8 seg; quemaduras de segundo grado después de 20 seg.
4	Causa suficiente dolor al personal si es incapaz de alcanzar una careta en 20 seg. Sin embargo, es probable que salgan vejigas en la piel (quemaduras en segundo grado); 0% de letalidad.
1.6	No causará disconfort por largos periodos de tiempo

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

FUENTE: CCPS Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis

ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Descripción: Efectos por explosión

Rango de sobrepresión (psig)	Efecto observado
14	Máximo pico de sobrepresión que puede desarrollar una explosión no confinada de vapores de hidrocarburos. Probit 1% de hemorragia pulmonar y 45% ruptura de tímpano
10	Probable destrucción total de edificios
7	Destrucción total de los recipientes horizontales de almacenamiento presurizado
>6.4	Destrucción casi completa de casas. Posible daño de almacenamiento y equipo de proceso. Probabilidad de afectación del 10% por ruptura de tímpano.
3-4	Rotura de tanques de almacenamiento
>3.25	El umbral de ruptura de tímpano (probabilidad 1%) se presenta a este nivel.
>3	Al interior de esta zona se producen daños severos en estructuras de acero y mampostería (edificios industriales)

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

FUENTE: CCPS Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis

Análisis cuantitativo de riesgos - QRA

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS

¿Que es?

- El QRA (Quatitative risk assessment) es una herramienta valiosa para determinar el riesgo de uso, manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas.
- El QRA es realizado comenzando con la selección de las instalaciones y la definición de los eventos de pérdida de contención, seguido de los cálculos de dispersión y efectos y la presentación de los resultados.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS

Objetivo

- Los QRAs son usados para **demostrar el riesgo causado por la actividad** y para proveer a la autoridad competente de información relevante para la **toma de decisiones** de la aceptabilidad del riesgo relacionado con los desarrollos en el sitio, o alrededor del establecimiento o ruta de transporte.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS

Descripción

- Un QRA implica la combinación de las consecuencias de los accidentes y las probabilidades en diversas medidas de riesgo, incluidos los índices, el riesgo individual y el riesgo social.
- Los resultados de los análisis se presentan como estimaciones puntuales, contornos de riesgo o curvas de número de frecuencia (F-N).
- Por lo general, las medidas de riesgo se comparan con criterios de tolerancia al riesgo como las líneas límite. También se evalúan las sensibilidades al riesgo, la importancia y las incertidumbres, de modo que se puedan tener en cuenta en la toma de decisiones.

ARL I SURA © Copyright – 00 mes de 2017 . Todos los derechos reservados.

¡Gracias!

Medellín, Julio 5 de 2019