

***CARACTERIZACIÓN Y USOS DE LAS “TÉCNICAS  
CUALITATIVAS” DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE  
PELIGROS EN LOS PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES***

***CHARACTERIZATION AND USES OF THE “QUALITATIVE TECHNIQUES”  
FOR HAZARD IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF CHEMICAL  
PROCESS INDUSTRIES***

*Eusebio V. Ibarra-Hernández<sup>1\*</sup>, Félix A. Goya-Valdivia<sup>1</sup>, Belkis F. Guerra- Valdés<sup>1</sup> y  
Marlene Dupin-Fonseca<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Centro de Estudio de Química Aplicada (CEQA). Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central  
“Marta Abreu” de Las Villas Carretera a Camajuaní km 5 y ½ Santa Clara, Cuba

Recibido: Junio 30, 2014; Revisado: Agosto 29, 2014; Aceptado: Septiembre 15, 2014

**RESUMEN**

Este trabajo determina y estudia, analiza y explica, clasifica y categoriza las principales técnicas cualitativas de identificación y valoración de peligros en los procesos químicos industriales. Especifica que estas técnicas basan su efectividad tanto en procesos de estimación analíticos como en la habilidad o destreza de los directivos y personal técnico de seguridad que las realizan, enumera además las que presentan una mayor frecuencia de uso así como los peligros que identifican y los resultados que brindan. Se vincula su utilización, en función del grado de complejidad de la técnica de análisis, con las diferentes etapas de la vida de los proyectos/procesos industriales.

**Palabras clave:** Técnicas de análisis de riesgo cualitativas; etapas de vida de un proceso; identificación y valoración de peligros; valoración de peligros industriales.

Copyright © 2015. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

\* Autor para la correspondencia: Eusebio V. Ibarra-Hernández, Email: [eusebioih@uclv.edu.cu](mailto:eusebioih@uclv.edu.cu)

## **ABSTRACT**

This paper determines and studies, analyzes and elaborates and classifies and categorizes the main qualitative techniques for hazards identification and assessment in chemical industrial processes. It specifies that these techniques base their effectiveness both, on analytical estimation processes and on the safety managers-engineers ability. It enumerates also those that present a bigger use frequency as well as the dangers that identify and the results that they give.

Their use is linked, in function of the complexity level of the analysis technique, with the different stages of the life of industrial projects / processes.

**Key words:** Qualitative hazard analysis techniques; stages of the life of chemical industrial processes; hazard identification and assessment; assessment of industrial hazards.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Para conseguir que una instalación industrial opere de forma segura y continuada, es fundamental implantar un sistema de gestión de la seguridad (SGS) que gestione el riesgo asociado a sus procesos, (colectivo de autores, 2007). Esto se consigue realizando las dos actividades siguientes:

1. Análisis de los peligros (PHA)
2. Análisis del riesgo

1. Los estudios y las técnicas PHA (Técnicas PHA: Acrónimo de “Process Hazard Analysis”, Análisis de los Peligros de un Proceso o cualquier método que permita la identificación y evaluación sistemática de los peligros asociados a un determinado proceso) son una parte importante de todo SGS, y tienen como función fundamental identificar, evaluar y mitigar los peligros potenciales que puedan dañar la seguridad y salud de las personas, causar pérdidas económicas y dañar el Medio Ambiente. Para el caso específico de la industria química de procesos, dicho análisis se realiza en dos etapas:

### **a) Identificación de peligros:**

Identificar los peligros y los problemas de operación asociados a un proceso/sistema industrial. En algunas ocasiones puede ser útil realizar una clasificación de los mismos teniendo en cuenta su peligrosidad.

### **b) Evaluación de peligros:**

Esta evaluación puede ser de dos tipos:

Evaluación cualitativa de las causas y efectos de los accidentes o sucesos provocados por los peligros identificados.

Evaluación cuantitativa de los escenarios de accidente importantes, con el objetivo de determinar la probabilidad de que ocurran.

2. Por otra parte el análisis de riesgo sirve de complemento al SGS ya que una vez identificados y analizados los peligros se calcula el riesgo asociado a los accidentes más importantes que pueden provocar, considerando que el riesgo= (consecuencia del accidente) x (frecuencia con la que ocurre el accidente).

La bibliografía consultada (Marhavilas et al, 2011), muestra que las técnicas PHA se clasifican, en función de cómo evalúan los peligros y/o escenarios de accidente identificados, en tres categorías principales: cualitativas, cuantitativas y las técnicas híbridas (cualitativas - cuantitativas, semi-cuantitativas). Las técnicas cualitativas basan su funcionamiento tanto en los procesos de estimación analítica como en la capacidad o habilidad de los directivos de seguridad (managers-engineers). Su utilización está avalada, (Marhavilas et al, 2011), por estar presentes en casi todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos/procesos industriales además de presentar una frecuencia relativa de uso del 27,68% con respecto a las demás técnicas (cuantitativas 65.63% y las híbridas con un 6,7%). Los objetivos propuestos para este trabajo fueron, en primer lugar, los de analizar y caracterizar las principales Técnicas cualitativas utilizadas para la identificación y valoración de los peligros en los proyectos/procesos de la Industria Química y en segundo orden vincular estas técnicas de identificación de los peligros con las diferentes etapas del ciclo de vida de estos proyectos/procesos.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

(Marhavilas et al, 2011) definen las técnicas cualitativas como aquellas técnicas que basan su funcionamiento tanto en los procesos de estimación analítica como en la capacidad o habilidad de los directivos de seguridad, por otra parte en la memoria realizada por, (Colectivo de autores, 2007) se define este tipo de análisis como aquel que brinda un listado de posibles causas y/o efectos de cada peligro. Analizando estas definiciones podemos concluir que las técnicas cualitativas deben brindar un listado de posibles causas y/o efectos de cada peligro basado ya sea en la experiencia del equipo de realización del análisis o en procesos de estimación analítica. A continuación se muestra, Tabla 1, una recopilación de las técnicas cualitativas que aparecen en la literatura consultada, (Colectivo de autores, 2007), (Casal y col., 2001).

**Tabla 1.** Técnicas cualitativas para identificar y evaluar peligros

<i>N<sup>ro</sup></i>	<i>Técnica</i>	<i>Identifica peligros de:</i>
1	HAZard and OPerability analysis (HAZOP), Análisis de peligros y operabilidad	Procesos
2	What if, Qué pasaría si?	Procesos
3	Concept Hazard Analysis (CHA),	Procesos
4	Concept Safety Review (CSR)	Procesos
5	Preliminary Hazard Analysis (PrHA), Análisis preliminar del peligro, (HAZID)	Procesos
6	Pre-HAZOP	Procesos
7	Functional Integrated Hazard Identification (FIHI)	Procesos
8	Checklist, Lista de revisión o chequeo	Procesos
9	What-if/checklist	Procesos
10	Matrices	Procesos
11	Técnica de pasos (The Sequentially Timed Event Plotting (STEP) technique)	Procesos

12	Inherent Hazard Analysis,	Procesos
13	Safety review, Revisión de seguridad	Equipo
14	FMEA, Análisis funcional de modos de fallo y sus efectos	Equipo
15	Failure Modes, Effects and Critically Analysis (FMECA), Modos de fallo, efectos y análisis crítico	Equipo
16	Maintenance and Operability study (MOp), Estudios de mantenimiento y operabilidad	Equipo
17	Sneack Analysis,	Equipo
18	Pattern Search method	Factor humano
19	Task analysis	Factor humano
20	Relative ranking	
21	Standard/Codes of practice/ Literature Review / Análisis histórico	
22	Tormenta de Ideas	
23	Entrevistas Estructuradas o Semiestructuradas	
24	Delphi	
25	Análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP)	
26	Evaluación de Riesgos ambientales	
27	Análisis de escenarios	
28	Análisis de causa raíz	
29	Análisis de causa y efecto	

Como se muestra en la Tabla 1 las Técnicas de identificación de peligros pueden ser aplicadas a la identificación de estos en los procesos, equipos y al factor humano mientras que algunas de ellas pueden aplicarse indistintamente a cualesquiera de estos aspectos. La literatura consultada presenta discrepancias en la clasificación de algunas de estas técnicas, por ejemplo (Marhavi et al, 2011) define el Análisis de tareas como una técnica cualitativa mientras que, (Colectivo de autores, 2007), la considera híbrida. Los autores de este trabajo la considerarán, teniendo en cuenta sus características, cualitativa.

Las técnicas cualitativas de identificación de peligros, según GRIS-1.2 (2009), (Crawle y Tyler, 2003), pueden aplicarse, en función de su grado de complejidad, a lo largo de todo el ciclo de vida de una instalación industrial.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### ***3.1. Técnicas cualitativas de uso más frecuente.***

Según lo expuesto anteriormente, la Tabla 1 muestra una recopilación de las técnicas cualitativas que aparecen reflejadas en la literatura especializada. De estas las de uso más frecuente se relacionan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Técnicas cualitativas de uso más frecuente

<i>N<sup>ro</sup></i>	<i>Técnica</i>	<i>Identifica peligros de:</i>
1	HAZard and OPerability analysis (HAZOP), Análisis de peligros y operabilidad	Procesos
2	What if, Qué pasaría si?	Procesos
3	Preliminary Hazard Analysis (PrHA), Análisis preliminar del peligro, (HAZID)	Procesos
4	Pre-HAZOP	Procesos
5	Checklist, Lista de revisión o chequeo	Procesos
6	What-if/checklist	Procesos
7	Técnica de pasos. The Sequentially Timed Event Plotting (STEP) technique:	Procesos
8	Safety review, Revisión de seguridad	Equipo
9	FMEA, Análisis funcional de modos de fallo y sus efectos	Equipo
10	Task analysis	Factor humano
11	Standard/Codes of practice/ Literature Review / Análisis histórico	
12	Tormenta de Ideas	
13	Relative ranking	

Las técnicas cualitativas relacionadas en la Tabla 2, como se dijo anteriormente, presentan una mayor frecuencia de uso, pero esto no quiere decir que todos los autores coincidan en ello. Según (Casal y col., 2001) las de mayor utilización son: 1, 2, 3, 5, 8, 9 y 11 mientras que Renau (2003) sólo considera: 1, 2, 9, 11 y 13 por su parte (Marhaviilas et al, 2011) relaciona las técnicas: 1, 2, 5, 7, 8, y 10. Los autores de este trabajo coinciden en que las técnicas cualitativas de uso más frecuente son las relacionadas en la Tabla 2 pero condicionan su utilización: a la etapa de la vida de los proyectos/procesos industriales en estudio; a la complejidad del proceso, equipo o componentes o factor humano a estudiar y en función además del equipo de trabajo que realizará el trabajo.

### **3.2. Principales peligros y consecuencias que identifica esta técnica.**

Las técnicas cualitativas son eficaces para identificar los peligros asociados a las materias primas, sustancias procesadas o almacenadas en los procesos de una instalación. Entre los que destacan:

- i. Peligros asociados a las sustancias elaboradas en los procesos de una instalación
  - Fuego (incendios de charco, incendio de dardo, incendio de llamarada, bola de fuego, fuegos en edificios y almacenes).
  - Explosión (físicas y químicas, confinadas o no confinadas, BLEVE, por polvo, descomposición térmica, reacciones fuera de control).
  - Fuga tóxica (emisión o escape de sustancias nocivas y/o tóxicas para la salud de las personas o para el medio ambiente).

- ii. Posibles peligros asociados a las sustancias industriales que son guardadas o procesadas en cantidades que superan los umbrales definidos para el nivel de riesgo por unidad de masa de la sustancia.
- iii. Posibles peligros debidos a materiales, equipos y sus condiciones de operación
  - Altas presiones, altas temperaturas, asfixia por N<sub>2</sub>, salpicaduras de aceite caliente o contacto con vapor, superficies calientes, materiales criogénicos, alta energía cinética, alto voltaje / corriente / electricidad estática.
- iv. Peligros asociados a las características de las sustancias presentes en el proceso: Materias primas, productos intermedios, productos finales, subproductos, aditivos, catalizadores, corrientes de desecho

### ***3.3. Principales resultados que se pueden esperar de esta técnica.***

Díaz (2010) coincide en que esta técnica está enfocada a la identificación de peligros, no para solucionar problemas técnicos, y los principales resultados que brindan son:

- Descripción cualitativa de un amplio rango de peligros generales identificados.
- Clasificación de los peligros identificados.
- Descripción cualitativa de las causas y/o consecuencias de los peligros identificados.
- Entrada de información para un análisis cuantitativo del riesgo.
- Descripción de un determinado escenario de accidente;
- Lista de alternativas o recomendaciones para mejorar la seguridad:
  - a) Recomendaciones para realizar cambios en el diseño, procedimientos para corregir un problema identificado.
  - b) Recomendaciones para realizar el seguimiento de un determinado problema cuando no es posible obtener una conclusión debido a la falta de información.
  - c) Recomendaciones para realizar estudios adicionales para determinar si la situación actual representa un problema.

### ***3.4 Limitaciones en el uso de estas técnicas.***

Al respecto las técnicas cualitativas de identificación y valoración de peligros en los procesos químicos industriales presentan las mismas limitaciones que las técnicas cuantitativas e híbridas relacionadas por (Ibarra y col., 2014) siendo las fundamentales las que a continuación se relacionan:

- *Plenitud*: Nunca puede haber una garantía de que todas las situaciones de accidente, causas y efectos han sido considerados.
- *Reproducibilidad*: Diferentes expertos, utilizando la misma información, pueden generar resultados diferentes cuando analizan el mismo problema.
- *Subjetividad*: La experiencia individual de quien realiza el estudio es utilizada para determinar el grado de importancia de un peligro.

### ***3.5 Caracterización de las técnicas cualitativas de mayor uso***

#### **1. Las listas de verificación o de chequeo (Checklist)**

Este tipo de análisis consiste en una evaluación sistemática tomando como base criterios pre-establecidos en forma de una o más listas de comprobación, estas listas no son más

que una relación de preguntas sobre el funcionamiento, la organización, mantenimiento y otras áreas de interés desde el punto de vista de la seguridad en la instalación, las listas de chequeo representan un método simple de identificación de peligros. Sus principales características pueden resumirse como sigue:

- Es aplicable a cualquier actividad o sistema, incluido lo relacionado tanto con los equipos como con los factores humanos.
- Se realiza generalmente por una persona capacitada para entender las preguntas de la lista de verificación, o a veces por un pequeño grupo
- Se basa principalmente en entrevistas, revisión de documentación e inspecciones sobre el terreno
- Genera listas cualitativas de conformidades y determinaciones de no conformidades con recomendaciones para corregir las no conformidades
- Se utiliza para el análisis detallado o de alto nivel, incluyendo el análisis de causa raíz
- Se utiliza con mayor frecuencia para guiar a los equipos de trabajo a través de la inspección de los sistemas de recipientes críticos
- También se utiliza como un suplemento o parte integrante de otro método, especialmente el análisis *Qué pasa si?* (*what-if*), para hacer frente a requisitos específicos

Aunque el análisis mediante la lista de verificación es muy eficaz en la identificación de diversos peligros en los sistemas, esta técnica tiene dos limitaciones fundamentales:

- Si la lista de comprobación no aborda las cuestiones claves, el análisis es probable que pase por alto debilidades potencialmente importantes.
- Proporciona tradicionalmente sólo información cualitativa.

Este enfoque, a pesar de ser muy simple, presenta una muy buena relación calidad-inversión mínima, pero puede responder a cuestiones de mayor complicación, relacionadas con los riesgos si solamente se le añade algún grado de cuantificación, digamos un índice de valoración clasificación/riesgo. (Marhaviilas et al, 2009); (Reniers et al, 2005)

## **2. Análisis ¿Qué pasa si?: (What if?)**

Es un enfoque que:

- Usa un interrogatorio amplio y bien estructurado para postular los resultados inesperados que pueden resultar en los accidentes o los problemas de rendimiento de sistema
- Determina el cómo las cosas pueden salir mal y considera las consecuencias de ello. (Reniers et al, 2005).

Las principales características de esta técnica se han resumido brevemente como sigue:

- Normalmente se conforma por uno o más equipos de diversa formación y experiencia que participan en grupo revisando las reuniones, la documentación y las inspecciones sobre el terreno.
- Genera descripciones cualitativas de los problemas potenciales, en forma de preguntas y respuestas, así como listas de recomendaciones para prevenir los problemas siendo aplicable a cualquier actividad o sistema.

- La calidad de la evaluación depende de la calidad de la documentación, la formación del líder del equipo, y la experiencia de los equipos de revisión.
- Se utiliza ocasionalmente sola, pero más a menudo se utiliza para complementar otras técnicas más estructuradas (especialmente análisis de lista de verificación).

El procedimiento para realizar un análisis *what-if* consta de los siguientes pasos:

- Especificamos y definimos claramente las fronteras o los límites así como los problemas de interés hacia los que se dirigirá el estudio
- Subdividimos el tema en sus elementos principales
- Generamos la pregunta "*qué pasaría si*" para cada elemento de la actividad o sistema.
- Respondemos a cada una de las preguntas "*qué pasaría si*" y desarrollamos recomendaciones
- Subdividimos aún más los elementos de la actividad o sistema, si es necesario o se requiere de un análisis más detallado.
- Utilizamos los resultados en la toma de decisiones. Además evaluamos las recomendaciones del análisis e implementamos las que traigan más beneficios.

### **3. Las auditorías de seguridad: (Safety review)**

Son los procedimientos mediante los cuales son inspeccionados y verificados los programas de seguridad operacional de una instalación, de un proceso o de una planta. Identifican las condiciones de operación del equipo o de los procedimientos que podría dar lugar a un hecho fortuito que cause daños materiales o impactos ambientales negativos Ayyub (2003).

El resultado de la auditoría es un informe que proporciona a la dirección corporativa de la empresa una visión general del nivel de cumplimiento para los diversos aspectos de seguridad de las operaciones. Los resultados del reporte deben hacer recomendaciones y sugerencias razonables sobre el mejoramiento de los procedimientos de seguridad y la toma de conciencia sobre la seguridad en el manejo del personal. (Reniers et al, 2005).

### **4. Análisis de tareas: (Task analysis)**

Este método analiza la forma en la que el personal realiza sus tareas en su ambiente laboral describe además como los operarios interactúan tanto con el sistema como con los demás miembros de ese sistema. Este método puede ser usado para crear una detallada imagen de la participación del factor humano utilizando para ello toda la información necesaria con un adecuado grado de detalles. (Doytchev & Szwillus, 2008). El resultado de un análisis de tareas es un modelo de tarea. El proceso de aplicar el análisis de tareas por lo general consta de tres fases:

- la recolección de datos sobre las intervenciones humanas y las demandas del sistema
- la representación de los datos en un formato comprensible o en un gráfico
- comparación entre las demandas del sistema y las capacidades de operador.

El objetivo principal del análisis de tareas es garantizar la compatibilidad entre las demandas del sistema y las capacidades del operador y si es necesario, alterar las demandas del sistema de manera que las tareas se adapten al personal. Este método requiere para su utilización de mucho tiempo cuando se trata de tareas complejas y requiere además de la intervención de expertos, conocedores de las tareas bajo análisis.

### **5. Técnica de Pasos (STEP)**

Proporciona una visión valiosa del tiempo y la secuencia en que ocurrieron las acciones que condujeron al accidente en el evento analizado en otras palabras realiza una reconstrucción del proceso de daño, planteando la secuencia de eventos que contribuyeron al accidente. Los principales conceptos en el STEP son el inicio del accidente a través de un suceso o cambio que altera el sistema técnico, los agentes que intervienen en el control del sistema y los elementales "bloques de construcción de eventos" los cuales contienen la siguiente información:

- El tiempo en que se inició y la duración del evento
- El agente que causó el evento
- La descripción del evento
- El nombre de la fuente que ofreció esta información.

### **6. El método de Estudios de riesgo y operabilidad: (HAZard and OPerability analysis, HAZOP)**

Es una metodología formal para identificar los peligros y los problemas de operabilidad de procesos con alto nivel de peligro a través del pensamiento imaginativo.

La técnica de análisis HAZOP utiliza un proceso sistemático para:

- Identificar las posibles desviaciones de las operaciones normales
- Garantizar que las salvaguardas estén en el lugar adecuado para ayudar a prevenir accidentes.

El principio básico del estudio HAZOP radica en considerar que las amenazas que surjan en una Planta sean debido a las desviaciones del comportamiento normal del proceso. En un estudio HAZOP, un grupo de expertos (*equipo HAZOP*) examina sistemáticamente tanto el proceso como los diagramas de instrumentación determinando todas las posibles desviaciones del normal funcionamiento así como las causas anormales y las consecuencias adversas para cada sección de la Planta. El *equipo HAZOP* es un equipo multidisciplinario de expertos que tienen un amplio conocimiento en el diseño, operación y mantenimiento de las plantas de proceso. Generalmente, un equipo de seis miembros está formado por el líder del equipo, un ingeniero de procesos, un representante de la operación de la Planta, el representante de seguridad, un ingeniero de sistemas de control, y se recomienda además un ingeniero en mantenimiento.

Las características principales de la técnica se resumen brevemente a continuación:

- Se trata de una evaluación sistemática y muy bien estructurada basándose en las palabras guía HAZOP para generar una amplia revisión y asegurar que las salvaguardas adecuadas contra los accidentes estén en su lugar.
- Se realiza normalmente por un equipo multidisciplinario
- Es aplicable a cualquier sistema o procedimiento
- Es más usado como una técnica de evaluación de riesgo a nivel de sistema
- Genera principalmente resultados cualitativos aunque es posible alguna cuantificación básica

Los conjuntos de palabras guías que se utilizan con mayor frecuencia se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Lista de palabras guías y su significado (Khan y Abbasi, 1997)

<i>Palabras Guías</i>	<i>Significado</i>
No/ Ninguno	Negación completa a la intención de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decrecimiento cuantitativo
Parte de	Solamente parte de la intención es cumplida
Así como	Además de la intención de diseño, existe otra cosa
Lo contrario	Ocurre una oposición a la intención de diseño
Aparte de	Sustitución completa

### **3.6 Las Técnicas analíticas de identificación de peligros y las Etapas del ciclo de vida de un proyecto/proceso**

(Ibarra y col., 2014) definieron y caracterizaron las principales etapas del ciclo de vida de los proyectos/procesos industriales así como el uso de las diferentes técnicas de identificación y valoración de los peligros en cada una de estas etapas. En la *Tabla 4*. se relacionan las técnicas de identificación de peligros cualitativas más utilizadas en cada etapa del ciclo de vida de los proyectos/procesos industriales

**Tabla 4.** Técnicas cualitativas de identificación de peligros más utilizadas en cada etapa del ciclo de vida

<i>Fase del ciclo de vida</i>	<i>Técnica de identificación de peligros recomendada</i>
1. Investigación y desarrollo	PrHA , What-if, Relative Ranking.
2. Diseño conceptual	PrHA , What-if , Checklist, Relative Ranking.
3. Ingeniería básica o definición del diseño	PrHA , What-if/checklist , HAZOP , FMEA
4. Ingeniería detallada	What-if/checklist , HAZOP , FMEA
5. Construcción y puesta en funcionamiento	What-if/checklist , Safety review
6. Operación rutinaria	Checklist , HAZOP , FMEA , Safety review
7. Proceso de modificación o expansión	What-if/checklist , HAZOP , FMEA, Safety review
8. Investigación de incidentes o accidentes	What-if , HAZOP , FMEA
9. Cierre y/o desmantelamiento	What-if/checklist , Safety review

La Tabla 4 indica que 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:

- a) 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. Estas técnicas son PrHA, What-if, Checklist, What-if/Checklist y Relative Ranking.

b) Las técnicas con un nivel de detalle más elevado, 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.

#### **4. CONCLUSIONES**

Consideramos que los principales resultados y conclusiones del trabajo están resumidos en los siguientes aspectos:

- La revisión de la literatura científica revela la gran utilización de las técnicas cualitativas de identificación y valoración de los peligros además definen con exactitud las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto/proceso de la Industria química.
- Las técnicas cualitativas brindan un listado de posibles causas y/o efectos de cada peligro basado ya sea en la experiencia del equipo de realización del análisis o en procesos de estimación analítica.
- El uso de estas técnicas estará condicionado: a la etapa de la vida de los proyectos/procesos industriales, a la complejidad del proceso, equipo o componentes o factor humano a estudiar y en función además del equipo de trabajo que realizará el estudio.
- Se muestra en Tabla 4 la vinculación entre las fases del ciclo de vida del proyecto/proceso y las técnicas cualitativas de identificación de peligros utilizadas.

#### **REFERENCIAS**

- Baysari, M. T., McIntosh, A. S., & Wilson, J. R., Understanding the human factors contribution to railway accidents and incidents in Australia. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, No. 5, 2008, pp. 1750-1757.
- CITMA., Guía Reguladora (GRIS-1.2)., Preparación de Informes de Seguridad para Instalaciones con Peligro Mayor (IPM), Regulaciones de Informe de Seguridad (ORASEN), 2009.
- Colectivo de autores., Memoria, Guía para la selección y aplicación de técnicas PHA, 2007.
- Crawle, F., Tyler B., Hazard Identification Methods., EPSC- European Process Safety Center/ICChemE-Institution of Chemical Engineers, London, 2003.
- Díaz Pérez, Antonio., Análisis de riesgos en instalaciones industriales., INERCO, Sevilla España., 2010.
- Doytchev, D. E., Szwillus, G., Combining task analysis and fault tree analysis for accident and incident analysis: a case study from Bulgaria., *Accident Analysis and Prevention*., doi:10.1016/j.aap.2008.07.014. 2008.
- Ibarra-Hernández, Eusebio V., Goya-Valdivia, Félix A., Guerra- Valdés, Belkis F., Dupin-Fonseca, Marlene., Técnicas utilizadas para la identificación y valoración de los peligros en las distintas etapas de la vida de los procesos químicos industriales. *Centro Azúcar*, Vol. 41, No. 4, 2014, pp. 30-40.

- Joaquim, C., Montiel, H., Plana, E., Vílchez, Juan A., Análisis del riesgo en Instalaciones Industriales. Ediciones UPC, S.L., Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 2001.
- Khan, F. I., Abbasi, S. A., Mathematical model for HAZOP study time estimation., *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 10, No. 4, 1997, pp. 249-251.
- Marhavidas, P. K., Koulouriotis, D. E., V. Gemeni., Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009., *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 24, 2011, pp. 477-523.
- Marhavidas, P. K., Koulouriotis, D. E., Voulgaridou, K., Development of a quantitative risk assessment technique and application on an industry's worksite using real accidents' data., *Scientific Journal of Hellenic Association of Mechanical & Electrical Engineers*, Vol. 416, 2009, pp. 14-20.
- Renau, Josep M., La Seguridad Industrial y el Análisis de Riesgos Una introducción al tema., Departament d'Enginyeria Química, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Universitat Rovira i Virgili, 2003.
- Reniers, G. L., Dullaert, W., Ale, B. J. M., Soudan, K., Developing an external domino prevention framework Hazwim., *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 18, 2005, pp. 127-138.
- Yang, S.-H., Yang, L., Automatic safety analysis of control systems., *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol.18, 2005, pp. 178-185.