



Seveso III y la ciencia del Hazop

Pautas para medir el desarrollo de estos estudios en unidades de proceso

Juan A. Vílchez Sánchez

Dirección Técnica, TIPs – Trámites, Informes y Proyectos, S.L. (Barcelona)

Pedro Gayarre, Víctor Gayarre, Luis Gómez, Ángel Vigil, Miguel Muñoz, Vicenç Espejo

Departamento HAZOP/SIL, TIPs – Trámites, Informes y Proyectos, S.L. (Barcelona)

Estrella Blanco Navarro

Gerencia y Control Técnico de Proyectos, TIPs – Trámites, Informes y Proyectos (Barcelona)

Según Seveso III las empresas afectadas deben intensificar la elaboración de estudios Hazop como método para documentar que los peligros de proceso son adecuadamente identificados y salvaguardados conforme las exigencias prescritas por la Directiva 2012/18/UE. El presente trabajo recoge la investigación llevada a cabo con objeto de parametrizar y cuantificar ciertas variables clave del método, con objeto de establecer medidas que permitan identificar pautas de desarrollo en la aplicación del Hazop, especialmente en relación a unidades de proceso y de refino.

PALABRAS CLAVE

Seveso III, Hazop, Análisis de riesgos

According Seveso III the companies concerned should intensify the preparation of Hazop studies as a method to document that process hazards are adequately identified and safeguarded in accordance with the requirements of Directive 2012/18 / EU. The present work includes the research carried out in order to parameterize and quantify certain key variables of the method, in order to establish measures to identify patterns of development in the application of Hazop, especially in relation to process and refining units.

KEYWORDS

Seveso III, Hazop, Risk analysis

El estudio HAZOP (*HAZard and OPerability study*) es una técnica estructurada y sistemática de análisis de riesgos que permite identificar peligros potenciales y problemas operacionales en procesos químicos, generalmente documentados a través de diagramas de procesos e instrumentos (P&ID).

El estudio Hazop se inicia con la subdivisión del proceso en una serie de partes o “nodos” sobre los que un grupo de técnicos de distintas especialidades analizan conjuntamente las posibles desviaciones de las diferentes variables de proceso, tratando de identificar las consecuencias peligrosas que se puedan desarrollar. Un aspecto clave del método consiste en la aplicación de un procedimiento sistemático de selección de palabras guía para establecer de un modo consistente todas las posibles desviaciones. El procedimiento o metodología para llevar a cabo este tipo de estudios se describe en detalle en la norma IEC 61882:2016.

El presente trabajo aporta estadís-

ticas de interés sobre el desarrollo de estos estudios, permitiendo obtener índices útiles para la valoración de su eficacia dentro de un sistema de calidad.

METODOLOGÍA

Los datos utilizados en el presente trabajo están asociados a diversas unidades de proceso, siendo el resultado de numerosos estudios Hazop de instalaciones reales. A partir de ellos han sido recopiladas las diferentes variables estadísticas medibles que permiten controlar el método en la aplicación de esta técnica.

En la Tabla 1 se reflejan los distintos Hazops realizados, detallando de una manera simplificada a qué tipo de unidad y a qué tipo de proceso u operación corresponden:

Como se puede observar en la tabla, los análisis Hazop se han realizado a diferentes unidades, siendo las unidades de proceso y de refinería las más representativas y numerosas.

Los análisis Hazop han sido numerados para identificarlos y dar una mayor trazabilidad en las gráficas presentadas.

VARIABLES DE INTERÉS

En un análisis Hazop existen una serie de variables que pueden ser medidas, permitiendo controlar, de una manera relativamente fiable, el método en la aplicación de la técnica.

Todas estas variables dependen de una serie de factores que pueden llegar a alterarlas, como, por ejemplo, el número de asistentes y su conocimiento del proceso a analizar, el ritmo que imponga el director de las sesiones, etc. Estos factores son propios de un análisis Hazop y, en mayor o menor medida, no se pueden controlar, por lo que es algo que explica la gran variabilidad encontrada en algunas de las variables estudiadas.

Las variables a estudiar se pueden agrupar según sean medidas por análisis Hazop o por sesión Hazop, o bien relacionando unas variables con otras.

TABLA 1.

TIPOS DE UNIDAD Y DE PROCESO DE LOS DIFERENTES ANÁLISIS HAZOP

Nº HAZOP	TIPO DE UNIDAD	PROCESO/TIPO OPERACIÓN
1	Unidad de refinería	Proceso Claus
2	Regulación de gas natural	Turbomáquina
3	Unidad de refinería	Unidad de hidrogenación y craqueo
4	Tratamiento de aguas	Planta de efluentes
5	Unidad de refinería	Proceso Claus
6	Unidad de refinería	Eliminación de parafinas
7	Unidad de refinería	Destilación
8	Unidad de proceso	Fabricación de polietileno
9	Instalación portuaria	Adecuación de atraque
10	Unidad de proceso	Fabricación de polietileno
11	Instalación portuaria	Sistema de bombeo
12	Unidad de refinería	Proceso Claus
13	Unidad de refinería	Unidad hidrogenación
14	Unidad de refinería	Unidad de eliminación de pentanos
15	Regulación de gas natural	Turbomáquina
16	Unidad de refinería	Destilación
17	Unidad de refinería	Eliminación de azufre
18	Instalación portuaria	Terminal Marítimo
19	Unidad de refinería	Tratamiento merox
20	Unidad de refinería	Tratamiento merox
21	Unidad de refinería	Tratamiento queroseno
22	Instalación portuaria	Atraque y rack de tuberías
23	Unidad de proceso	Almacenamiento de nafta
24	Unidad de refinería	Horno de refinería
25	Regulación de gas natural	Estación de regulación y medida
26	Regulación de gas natural	Recuperación de gas y compresor
27	Instalación frigorífica	Salas de máquinas
28	Unidad de refinería	Almacenamiento de hidrocarburos

TABLA 2.

DIFERENTES VARIABLES A MEDIR	
Nº HAZOP	TIPO DE UNIDAD
1	Sesiones/ Hazop
2	Nodos/ Hazop
3	P&IDs marcados/ Hazop
4	P&IDs no marcados/ Hazop
5	% P&IDs marcados/ Hazop
6	Asistentes/ Hazop
7	Causas/ Hazop
8	Consecuencias/ Hazop
9	Salvaguardas/ Hazop
10	Nodos/Sesión
11	P&IDs marcados/Sesión
12	Causas/Sesión
13	Consecuencia/Causa
14	Salvaguarda/ Consecuencia
15	Salvaguarda/Causa
16	Unidad de refinería
17	Unidad de refinería
18	Instalación portuaria
19	Unidad de refinería
20	Unidad de refinería
21	Unidad de refinería
22	Instalación portuaria
23	Unidad de proceso
24	Unidad de refinería
25	Regulación de gas natural
26	Regulación de gas natural
27	Instalación frigorífica
28	Unidad de refinería

Variables por análisis Hazop

- El número de sesiones por cada análisis Hazop.
- El número de nodos por cada análisis Hazop.
- El número de P&IDs marcados por cada análisis Hazop.
- El número de P&IDs no marcados por cada análisis Hazop.
- El porcentaje de P&IDs marcados por cada análisis Hazop.
- La media de asistentes por cada análisis Hazop.
- El número de causas por cada análisis Hazop.
- El número de consecuencias por cada análisis Hazop.
- El número de salvaguardas por cada análisis Hazop.

Variables por sesión Hazop

- El número de nodos analizados por cada sesión Hazop.
- El número de P&IDs marcados por cada sesión Hazop.
- El número de causas por cada sesión Hazop.

Otras variables

- El número de consecuencias por cada causa.
- El número de salvaguardas por cada causa.
- El número de salvaguardas por cada consecuencia.

Resumen de variables

Se resume en la Tabla 2 las citadas variables.

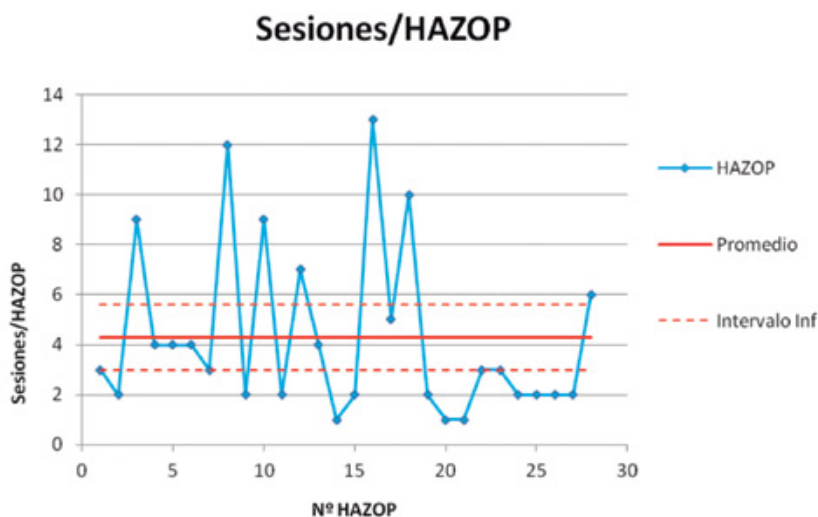
Una vez fijadas las variables a tener en cuenta, se han recopilado todos los datos necesarios de los análisis Hazop mencionados con anterioridad. En los siguientes apartados quedarán reflejados, y posteriormente se analizarán, los resultados obtenidos. En el presente artículo solo se presenta una parte representativa de la información elaborada. Un estudio más completo y documentado está disponible en TIPs. Los datos presentados hacen referencia a:

- El número de sesiones por cada análisis Hazop.
- El número de nodos por cada análisis Hazop.
- El número de nodos analizados por cada sesión Hazop.

TABLA 3.

DATOS CALCULADOS SESIONES POR HAZOP	
Media	4,29
Desviación	3,39
Intervalo confianza	1,31
Intervalo superior	5,60
Intervalo inferior	2,97

FIGURA 1. Gráfico sesiones por Hazop



- El número de P&IDs marcados por cada sesión Hazop.
- El número de causas por cada análisis Hazop.

SESIONES POR HAZOP

Vistos los resultados, se pueden observar grandes fluctuaciones del número de sesiones entre un análisis Hazop y otro (Figura 1 y Tabla 3). Estas diferencias vienen impuestas por la magnitud del proyecto o la unidad o sistema a analizar durante un Hazop. Otros factores que pueden afectar al número de sesiones son el grado de conocimiento y participación del grupo que participa en el análisis así como el ritmo y la dirección impuesta por el director Hazop.

Un buen promedio para unidades de proceso parece estar entre 4 – 5 días.

TABLA 4.

DATOS CALCULADOS NODOS POR HAZOP	
Media	11,36
Desviación	11,31
Intervalo confianza	4,38
Intervalo superior	15,74
Intervalo inferior	6,97

FIGURA 2. Gráfico nodos por Hazop

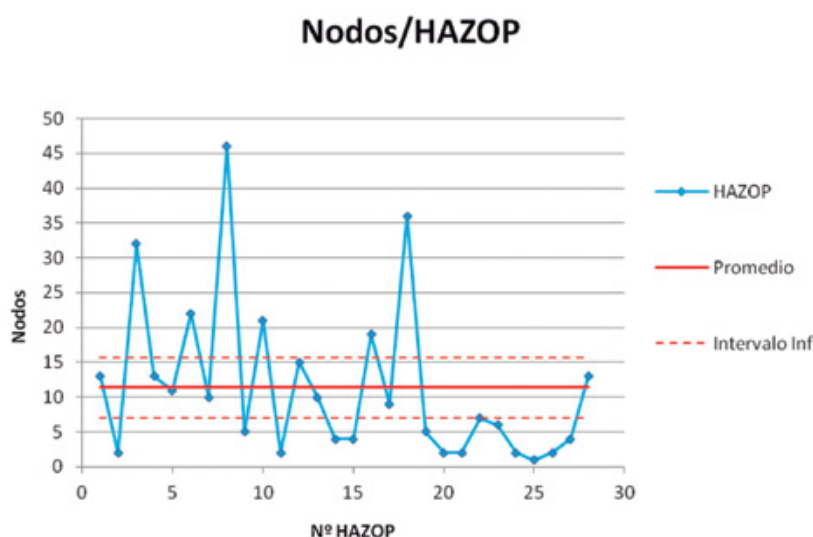
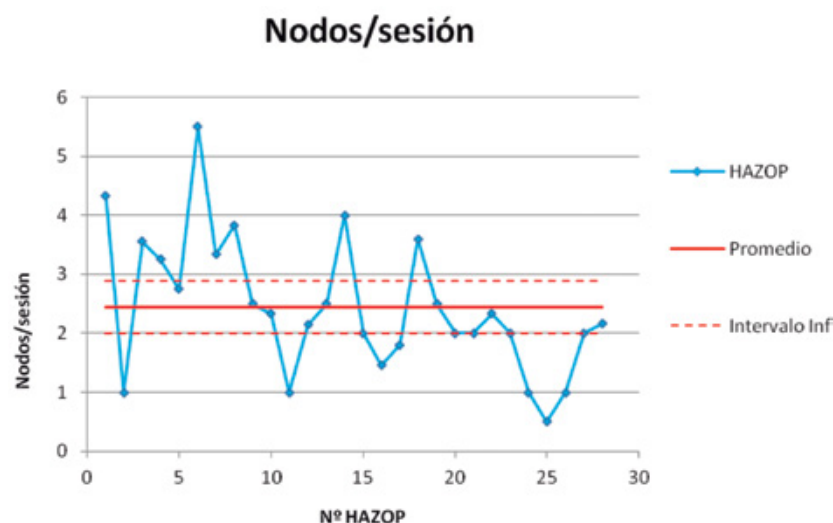


FIGURA 3. Gráfico nodos por sesión Hazop



NODOS POR HAZOP

Del mismo modo que en el caso anterior, se pueden observar grandes fluctuaciones del número de nodos entre un análisis Hazop y otro. Esta variable también depende de la magnitud del proyecto o la unidad o sistema a analizar, pero el factor clave que define el número de nodos totales es la figura del director hazop. La división de la unidad en nodos se hace previa al análisis (pudiendo ser modificada ligeramente durante las sesiones si se considera necesario) y depende exclusivamente de él (Figura 2 y Tabla 4).

TABLA 5.

DATOS CALCULADOS NODOS POR SESIÓN HAZOP	
Media	2,44
Desviación	1,16
Intervalo confianza	0,45
Intervalo superior	2,89
Intervalo inferior	1,99

No existe un método exacto a la hora de seleccionar nodos. La experiencia y el sentido común del director son fundamentales para realizar una buena división de nodos, la cual es clave para que el análisis sea satisfactorio.

Un buen promedio para unidades de proceso parece estar entre 11-12 nodos principales.

NODOS POR SESIÓN

El número de nodos por sesión indica en cierta manera el ritmo de análisis que se lleva a cabo en las sesiones Hazop, independiente del número de nodos totales por Hazop. Cuanto mayor sea el número de nodos analizados en una sesión, mayor debe ser el ritmo de análisis impuesto (Figura 3 y Tabla 5).

Aunque es una buena manera de comprobar el ritmo seguido durante las sesiones, no se puede considerar

FIGURA 4. Gráfico P&IDs marcados por sesión Hazop

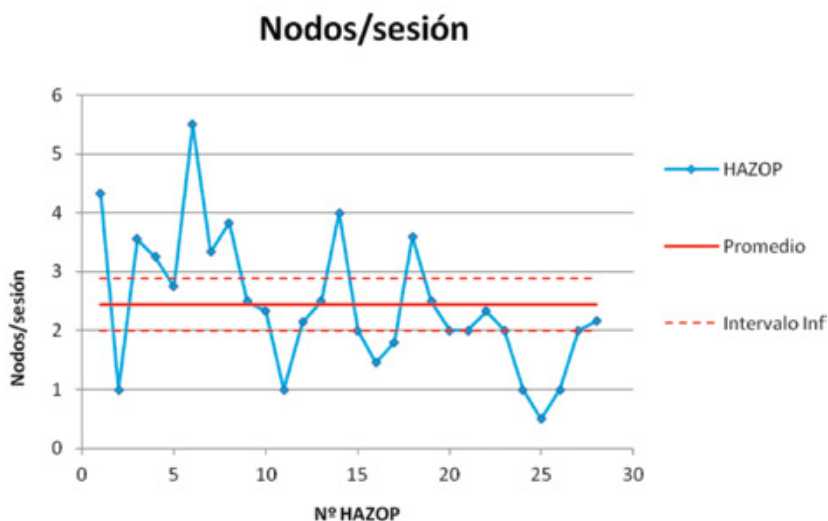


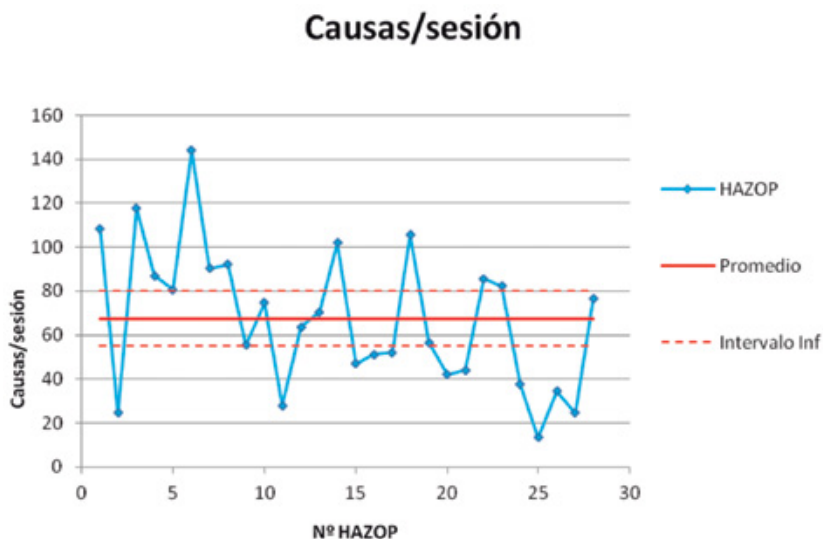
TABLA 6.
DATOS CALCULADOS P&IDS MARCADOS POR SESIÓN HAZOP

Media	2,51
Desviación	1,47
Intervalo confianza	0,57
Intervalo superior	3,08
Intervalo inferior	1,94

TABLA 7.
DATOS CALCULADOS CAUSAS POR SESIÓN HAZOP

Media	67,58
Desviación	31,98
Intervalo confianza	12,40
Intervalo superior	79,98
Intervalo inferior	55,18

FIGURA 5. Gráfico causas por sesión Hazop



esta variable como la más representativa en cuanto a ritmo de análisis, ya que los nodos dependen de la división realizada previamente por el director Hazop y de la parte de la unidad que se vaya a analizar. Debido a esto, pueden existir nodos en los que el número de causas sea muy pequeño y se analicen con cierta velocidad y viceversa.

En cualquier caso, un buen promedio para unidades de proceso parece estar entre 2-3 nodos por sesión.

P&IDS POR SESIÓN

Con objeto de hacer esta variable una medida representativa de la intensidad del estudio Hazop, sólo se han contabilizado los P&IDs marcados que han sido analizados en detalle. No se incluyen aquellos P&IDs que sólo aportan información auxiliar o documental al estudio (simbología, interconexiones, detalles, etc.) (Figura 4 y Tabla 6).

Igual que en el caso anterior, el número de P&IDs analizados por sesión indica en cierta manera el ritmo de análisis que se lleva a cabo durante las sesiones Hazop. En teoría, cuanto mayor sea el número de P&IDs analizado en una sesión, mayor debería ser el ritmo.

Esta variable es algo menos fiable a la hora de indicar el ritmo de análisis seguido, ya que el número de P&IDs puede variar mucho dependiendo de cada unidad y de la división de nodos realizada.

Un buen promedio para unidades de proceso parece estar entre 2-3 P&IDs por sesión (siempre referidos a P&IDs principales y con cierta densidad de proceso e instrumentación, sin contar los P&ID de carácter auxiliar).

CAUSAS POR SESIÓN

Esta variable también es indicativa del ritmo de análisis seguido durante las sesiones Hazop. Se puede considerar como la más representativa y fiable en cuanto a ritmo, ya que indica las causas analizadas en cada sesión del Hazop. Independientemente de los nodos o P&IDs analizados, el número de causas siempre será una mejor

referencia a la hora de comprobar el ritmo seguido en las sesiones (Figura 5 y Tabla 7).

Por experiencia, y tal y como muestran los resultados, un buen ritmo está entre las 60 y 80 causas analizadas por sesión. Por lo general, si este número es menor, es un indicativo de que el análisis se ha realizado a un ritmo demasiado lento y puede generar un cierto retraso en cuanto a días de proyecto (por una mala dirección de las sesiones, por un bajo conocimiento de la unidad por parte del grupo, por falta de documentación, etc.), o bien, si es mayor, es un indicativo de que se ha realizado con cierta velocidad, resultando un análisis poco detallado y poco preciso, pudiendo olvidar aspectos importantes (por una mala dirección de las sesiones, por poca participación del grupo, por la mala aplicación de la técnica, etc.).

Otros motivos que pueden generar una desviación considerable en el número de causas analizadas por sesión, y por lo que también se explican las fluctuaciones del gráfico, son:

- Posibles revisiones de Hazop antiguos en las que la función es revisar lo ya descrito y pensar en nuevas causas a analizar (esto conlleva un ritmo de análisis bastante más alto, ya que solo hay que pensar en causas adicionales que en su día no se pensaron).

- Un ritmo bajo también puede ser indicativo de que la unidad tiene un problema importante y es necesario pensar bien y discutir las medidas a tomar.

Si bien esta variable es la más fiable, no es ni mucho menos definitiva, ya que siempre dependerá de factores como el grupo de trabajo y su conocimiento de la aplicación del método por parte del director Hazop, etc.

CONCLUSIONES

Han sido identificadas las diferentes variables que definen la dimensión de un estudio Hazop, y se ha llevado a cabo un análisis estadístico con resultados originales, nunca publicados en este modo hasta la fecha.

Cada análisis Hazop es único y

depende de un gran número de factores que pueden alterar de manera significativa sus resultados. Teniendo en cuenta esto último de cara a los resultados finales, este estudio demuestra que las variables estadísticas aportadas, en mayor o menor medida, permiten controlar el método en la aplicación de la técnica, y que con los resultados obtenidos se puede realizar una estimación previa de la magnitud en futuros análisis Hazop.

Se han obtenido unos valores promedio estadísticos que permiten cuantificar el ritmo y la dedicación en estudios Hazop con un margen añadido de confianza (utilizando t-Student). Estos valores han permitido optimizar los procesos de aplicación de la técnica Hazop a todos los niveles (elaboración de ofertas, organización de estudios, planificación de actividades, etc.).

El método presentado ha sido probado en numerosos casos prácticos y permite integrar la técnica Hazop dentro de sistemas de gestión de calidad, usando algunos de los índices propuestos. ■

www.tips.es

TIPS
Trámites, Informes
y Proyectos, S.L.

Sector del gas natural

Planes de autoprotección, de emergencia y de contingencias

Seguridad industrial

Medio ambiente

Accidentes graves

TIPS ofrece a la industria de proceso, al sector del gas natural, al sector energético y a todo tipo de actividades que manejan sustancias o mercancías peligrosas, un conjunto de servicios profesionales adaptados a las demandas más exigentes de análisis y valoración de riesgos tecnológicos y ambientales.

TIPS dispone de las herramientas informáticas más eficaces para garantizar la identificación de peligros, el cálculo de consecuencias y la cuantificación de riesgos, todas ellas imprescindibles para atender las exigencias de evaluación y control que impone la legislación vigente.