



Máster en Ingeniería Química 66215 - Seguridad y análisis de riesgos en la industria química

Guía docente para el curso 2014 - 2015

Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **Jesús Ceamanos Lavilla** ceamanos@unizar.es
- **José Ángel Peña Llorente** jap@unizar.es
- **Jorge Plou Gómez** jplou@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

La asignatura *Seguridad y Análisis de Riesgos en la Industria Química* es una asignatura que se fundamenta en diversas asignaturas cursadas en el Grado de Ingeniería Química de la Universidad de Zaragoza, aunque también puede ser seguida por Ingenieros Industriales y Licenciados con formación científica (fundamentalmente del campo físico y químico).

La asistencia a clase, el estudio continuado y el trabajo día a día son fundamentales para que el alumno alcance de manera satisfactoria el aprendizaje propuesto. Asimismo, resulta fundamental dedicar el tiempo suficiente a los "*Casos de Estudio*" que serán planteados a lo largo de la asignatura. Todos ellos están basados en accidentes históricos (*reales*) documentados por diversas instituciones y sobre las que se puede sacar una inestimable enseñanza "*aprendiendo de los errores ajenos*". Los estudiantes deben tener en cuenta que para su asesoramiento disponen del profesor en tutorías personalizadas y grupales.

Actividades y fechas clave de la asignatura

Se trata de una asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS, lo que equivale a 150 horas de trabajo del estudiante, a realizar tanto en horas presenciales como no presenciales, repartidas del siguiente modo:

- **30 horas de clase presencial**, distribuidas aproximadamente en 2 horas semanales. En ellas se realizará la exposición de contenidos teóricos y conceptos necesarios para la resolución de casos prácticos.
- **30 horas de aprendizaje basado en problemas**, distribuidas en aproximadamente 2 horas semanales. En ellas se desarrollarán problemas y casos prácticos coincidentes en temática con los contenidos teóricos expuestos en clase.
- **20 horas de trabajos tutelados** que consistirán en la realización de tareas de desarrollo, ampliación, documentación, resolución... de casos propuestos por el profesor o seleccionados por el alumno, basados en casos expuestos en el aula. Estos trabajos estarán distribuidos durante el curso, serán de realización individual y/o en grupo (reducido), y se plasmarán en un entregable que será corregido y calificado.
- **60 horas de estudio personal y de tutorización**, repartidas a lo largo de todo el semestre.
- **10 horas de pruebas de evaluación**, correspondientes a exámenes globales cuya fecha será fijada por la EINA.

El calendario de la asignatura se adapta al establecido en la *Escuela de Ingeniería y Arquitectura* (EINA), así como sus horarios y calendario de exámenes. Todos ellos se pueden consultar en su página Web: <http://eina.unizar.es>.

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:** Sabe identificar peligros y cuantificar los riesgos asociados a los materiales, condiciones de operación y unidades donde se procesan.
- 2:** Desarrolla informes de evaluación del riesgo individual y social, así como sobre las condiciones de seguridad de una instalación industrial.
- 3:** Domina la normativa aplicable en material de higiene y seguridad laboral y de accidente grave.
- 4:** Aplica metodologías reconocidas y aceptadas para la identificación y la cuantificación de los riesgos de accidente grave.
- 5:** Diseña estrategias para la minimización del riesgo asociado a una instalación industrial, vinculándolas con su coste económico.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

La asignatura de *Seguridad y Análisis de Riesgos en la Industria Química* cubre los conocimientos requeridos para cuantificar el riesgo asociado a terceros (personas o entorno ajeno a la instalación industrial) por la proximidad de una actividad industrial en el entorno próximo. Ésta cuantificación es exigida por la normativa europea y española (Seveso III y su transposición) en determinadas actividades fabriles respecto a accidentes graves.

Los contenidos de la asignatura están distribuidos en tres bloques. Un primero (Bloque A) dedicado al conocimiento de las principales técnicas de identificación del peligro, y a la cuantificación de la probabilidad / frecuencia de ocurrencia de un determinado accidente grave. Un segundo bloque (Bloque B) dedicado a la cuantificación de los efectos producidos por accidentes tipo: explosiones, incendios y nubes tóxicas, en los que se vean envueltos sustancias químicas o el producto de su reacción. El último bloque (Bloque C) está dedicado a la planificación de emergencias y al conocimiento de la normativa y legislación europea y española.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La vigente legislación europea, y su transposición española, exigen de los establecimientos industriales un riesgo individual

demostrable inferior a 1×10^{-6} víctimas/año como consecuencia de un accidente grave. Esta circunstancia es exigida por parte del poder ejecutivo (gobierno autonómico en el caso español) a los establecimientos industriales que reúnan una serie de requisitos especificados en el Real Decreto. Con tal fin, el industrial debe confeccionar el preceptivo informe de análisis de riesgos, en el que demuestre que su instalación cumple los requisitos exigidos por la ley, y por tanto, que el riesgo individual de un tercero (ajeno a la instalación industrial) es inferior la cifra umbral, mencionada anteriormente.

Para llevar a cabo tal informe es necesario conocer las *Técnicas de Identificación* de peligros más habituales, y cuantificar la *Probabilidad o Frecuencia de Ocurrencia* de un determinado suceso. Paralelamente, el *Análisis de Consecuencias y Vulnerabilidad* es capaz, a través de modelos matemáticos, de cuantificar la intensidad del daño producido en el caso de ocurrencia de un accidente grave. El producto de ambos factos (frecuencia de ocurrencia y magnitud del daño) es lo que la normativa refiere como "*riesgo*".

Aunque tiene alguna coincidencia con la asignatura de *Seguridad Industrial* cursada en cualquiera de los grados de Ingeniería de la Universidad de Zaragoza, sus contenidos no son comunes, sino más bien complementarios, centrándose ésta última en la seguridad e higiene laboral (accidentes y enfermedades laborales), frente a la seguridad industrial (accidentes graves).

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Tal y como se describe en el apartado precedente, el alumno que curse esta asignatura estará en condiciones de enfrentarse a la problemática de los Informes de Análisis de Riesgos, y podrá acceder a otros títulos vinculados con esta temática. El campo de la *Seguridad Industrial* y el *Análisis de Riesgos* es un campo en expansión desde la década de los noventa del siglo pasado, y con un impacto cada vez mayor en el panorama industrial de los países civilizados. Los contenidos tratados en esta asignatura son de gran importancia en multitud de campos vinculados a la producción (particularmente de la industria química y afines, pero no de forma excluyente), el transporte de mercancías peligrosas, empresas aseguradoras, instituciones gubernamentales, etc.

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

1: Competencias Genéricas

- Capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía, para formular y resolver problemas complejos en procesos, equipos, instalaciones y servicios, en los que la materia experimente cambios en su composición, estado o contenido energético, característicos de la industria química y de otros sectores relacionados entre los que se encuentran el farmacéutico, biotecnológico, materiales, energético, alimentario o medioambiental. (CG1)
- Concebir, proyectar, calcular, y diseñar procesos, equipos, instalaciones industriales y servicios, en el ámbito de la ingeniería química y sectores industriales relacionados, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente. (CG2)
- Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología. (CG4)
- Saber establecer modelos matemáticos y desarrollarlos mediante la informática apropiada, como base científica y tecnológica para el diseño de nuevos productos, procesos, sistemas y servicios, y para la optimización de otros ya desarrollados. (CG5)
- Tener capacidad de análisis y síntesis para el progreso continuo de productos, procesos, sistemas y servicios utilizando criterios de seguridad, viabilidad económica, calidad y gestión medioambiental. (CG6)
- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de emitir juicios y toma de decisiones, a partir de información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas del ejercicio profesional. (CG7)
- Liderar y definir equipos multidisciplinares capaces de resolver cambios técnicos y necesidades directivas en contextos nacionales e internacionales. (CG8)
- Comunicar y discutir propuestas y conclusiones en foros multilingües, especializados y no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades. (CG9)
- Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión. (CG11)

2: Competencias Específicas

- Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia, y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas técnicos. (CE1)
- Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización de otros ya desarrollados, tomando como base tecnológica las diversas áreas de la ingeniería química, comprensivas de procesos y fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones químicas, nucleares, electroquímicas y bioquímicas. (CE2)
- Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas. (CE3)
- Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución, incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado, y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño. (CE4)
- Dirigir y supervisar todo tipo de instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas industriales relacionadas con la ingeniería química. (CE5)
- Diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos. (CE6)
- Dirigir y gestionar la organización del trabajo y los recursos humanos aplicando criterios de seguridad industrial, gestión de la calidad, prevención de riesgos laborales, sostenibilidad, y gestión medioambiental. (CE8)
- Adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad. (CE10)
- Dirigir y realizar la verificación, el control de instalaciones, procesos y productos, así como certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes. (CE11)

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

El seguimiento y superación de la asignatura tiene como finalidad completar la formación científica y técnica del estudiante, y fijar los conocimientos específicos del módulo de *Ingeniería de Procesos y Producto*, definido en Resolución de 8 de junio de 2009 de la Secretaría General de Universidades – BOE 4 agosto 2009–, en su aplicación concreta al caso de los reactores químicos.

En los epígrafes precedentes ya se ha reseñado el interés para el alumno que finalice con éxito sus estudios de *Máster de Ingeniería Química* en la Universidad de Zaragoza. Por extensión de los contenidos de la asignatura, ésta también podría ser especialmente interesante para alumnos del *Máster de Ingeniería Industrial* vinculados a transmisión de calor y fluidos.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

1:
Opción 1:

Es la opción más recomendable para la adquisición progresiva de los contenidos, habilidades y competencias

de la asignatura.

La evaluación es global y comprende:

1. Realización de los problemas y casos propuestos (**CPP**) a lo largo del desarrollo de la asignatura. Ejercicios propuestos y resueltos en clase. Participación activa en su exposición y resolución.

2. Realización de trabajos tutelados (**TTE**). Los entregables correspondientes a trabajos tutelados (al menos 2 tareas por curso) consistirán en ejercicios basados en casos de estudio basados en casos reales, bien de aplicación de técnicas de identificación de peligros y de cuantificación de frecuencias/probabilidades, o bien casos de informes de accidentes reales sobre los que habrá que elaborar una reconstrucción de accidente identificando causas raíces (*cause root*), proponer alternativas, cuantificar riesgos en el perímetro de la instalación, etc. El trabajo podrá ser en grupo (reducido) o individual y se presentará siempre por escrito (usando medio electrónicos). En su caso podría haber presentación oral de las principales conclusiones si las condiciones así lo aconsejaban (la decisión, en caso de producirse, se comunicará con suficiente antelación). Se valorará la intensidad de las conclusiones obtenidas, así como el uso adecuado de las técnicas aprendidas en clase, u otras que pudieran haberse adquirido fuera del aula. La comunicación en todo caso deberá ser “*efectiva*” y lo más “*aséptica*” posible. Serán evaluados y corregidos durante el curso.

3. Realización de un examen (**EXA**) al finalizar la asignatura. Esta prueba, que será del tipo “*libro abierto*”, consistirá en la resolución de ejercicios de tipo práctico, utilizando los recursos (*libros, apuntes, tablas de datos, calculadora programable, etc.*), que el alumno considere conveniente. Si se reúnen las condiciones necesarias para asegurar la individualidad de los ejercicios (no existencia de comunicación entre alumnos durante el transcurso del ejercicio de examen), podría utilizarse ordenador personal.

La nota de la asignatura se calculará atendiendo al siguiente polinomio:

$$\text{Nota} = 0.1 \times \text{CPP} + 0.2 \times \text{TTE} + 0.7 \times \text{EXA}$$

Todas las categorías de evaluación se puntuarán sobre 10 puntos. Se precisará una nota mínima en el examen (**EXA**), de 4 puntos sobre 10 para superar la asignatura.

Los epígrafes 1 y 2 sólo serán puntuables durante el transcurso del periodo de impartición de la docencia de la asignatura.

2:

Opción 2:

Aquellos alumnos que decidan no utilizar el método de evaluación descrito como opción 1, pueden optar por presentarse exclusivamente al examen de convocatoria (**EXA**). En este caso la calificación de la asignatura se calculará como un 100% de la nota final.

$$\text{Nota} = 1.0 \times \text{EXA}$$

El mencionado examen (**EXA**) será de similares características a las del examen final de la opción 1. En este caso la nota mínima para superar la asignatura será 5.0. Las opciones de evaluación 1 y 2 son mutuamente excluyentes (puede optarse libremente por una u otra, pero no por combinaciones de ambas).

Las calificaciones alcanzadas serán válidas exclusivamente durante el curso académico en el que se obtengan.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

A lo largo de la asignatura se utilizarán diversos recursos docentes. El primero de ellos, el más tradicional consistirá en la transmisión de contenidos “teóricos” mediante la utilización de medios audiovisuales y la tradicional pizarra. Paralelamente a los contenidos teóricos, se procederá a aplicarlos mediante ejercicios planteados de antemano para que el alumno trabaje en ellos por su cuenta, siendo resueltos en clase aquellos casos que resulten más representativos para cada tema. Generalmente se tratará de ejercicios “abiertos”, cuya solución requiere de distintos planteamientos y aproximaciones, que a su vez dan pie al debate y a su discusión en clase.

En los distintos temas se plantearán “Casos de estudio” provenientes de informes producidos por distintas instituciones sobre accidentes en los que se hayan visto envueltas sustancias peligrosas. A partir de su análisis se obtendrán las conclusiones buscadas. Los *Casos de Estudio* serán propuestos por el profesor, trabajados por cuenta del alumno (individualmente o en grupo) y comentados en clase. Algunos de ellos (2 como mínimo) serán presentados por escrito, corregidos y puntuados. Esta puntuación constituirá parte de la calificación final según se recoge en el apartado correspondiente.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- 1:** Clases magistrales (30 h) donde se impartirá la teoría de los distintos temas que se han propuesto y se resolverán en la pizarra problemas modelo.
- 2:** Clases presenciales de resolución de problemas y casos (30 h). En estas clases se resolverán problemas por parte del alumno supervisado por el profesor. Los problemas o casos estarán relacionados con la parte teórica explicada en las clases magistrales.
- 3:** Trabajos tutelados (20 h no presenciales), individuales ó en grupo. Se propondrán 2 ó 3 actividades que serán tuteladas por los profesores.
- 4:** Estudio individual (50 h no presenciales). Se recomienda al alumno que realice el estudio individual de forma continuada a lo largo del semestre.
- 5:** Tutela personalizada profesor- alumno (10 h presenciales).
- 6:** Evaluación (10 h). Se realizaran evaluaciones parciales y una prueba global donde se evaluarán los conocimientos teóricos y prácticos alcanzados por el alumno.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario detallado de comienzo de las actividades, así como el lugar de impartición de cada una de ellas es responsabilidad de la *Escuela de Ingeniería y Arquitectura* (EINA), y puede ser consultado en tiempo y forma en la [dirección web \(http://eina.unizar.es\)](http://eina.unizar.es). Cada profesor informará sobre su disponibilidad para la atención de tutorías y sobre las modificaciones, puntuales o prolongadas que puedan producirse en éstas a lo largo del curso.

El temario previsto para la asignatura es el siguiente:

0.- Introducción al análisis de riesgos: Conceptos. Riesgo, Peligro y Accidente. Riesgo Individual y Riesgo Social. Riesgo en actividades humanas: Índices de Riesgo. Aceptabilidad del riesgo. Esperanza Matemática de pérdidas.

BLOQUE A.- ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

A.1.- Métodos comparativos de identificación de peligros. Análisis Históricos. Códigos y Estándares. Listas de Comprobación.

A.2.- Índices de Riesgo. Índice DOW de Incendio y Explosión. Índice DOW para Nubes Tóxicas. Índice PROCESO. Otros índices de riesgo.

A.3.- Métodos Estructurados de identificación de peligros. Análisis de peligros y operabilidad (HazOp). Análisis “What If”.

A.4.- Métodos cuantitativos de análisis de peligros. Análisis de Árboles de Fallos (FTA). Análisis de Árboles de Sucesos (ETA). Análisis de Modos de Fallo y Efectos (FMEA).

A.5.- Ingeniería de la Fiabilidad. Introducción. Tiempo de misión o funcionamiento. Tasa de fallos. Vida media. Fiabilidad y disponibilidad. Función de densidad de probabilidad de fallos. Fiabilidad humana: Fallo humano.

BLOQUE B.- ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

B.1.- Pérdidas de Contención. Introducción. Clasificaciones. Factores involucrados. Caracterización del flujo de salida del recipiente. Modelos de descarga. Evaporación de derrames de líquido.

B.2.- Explosiones (Gases y Vapores). Introducción. Efectos característicos de las explosiones. Modelos de cuantificación de efectos. Explosiones Confinadas y Explosiones Físicas. Dispositivos de venteo. Explosiones de Vapor No Confinadas. Parámetros característicos de las explosiones: presión lateral y presión dinámica. Análisis de casos de estudio.

B.3.- Explosiones de Polvo. Introducción. Índice de deflagración K_{st} . Cuantificación de efectos. Normativa ATEX. Delimitación de zonas. Análisis de casos de estudio.

B.4.- Incendios. Introducción. Conceptos de uso frecuente. Clasificación. Modelos de cuantificación de Intensidad de radiación. Análisis de casos de estudio.

B.5.- Explosiones BLEVE. Introducción. Teoría de nucleación masiva de Reid. Modelos de cuantificación. Análisis de casos de estudio.

B.6.- Nubes tóxicas. Introducción. Características y Estabilidad atmosférica. Clases de Estabilidad de Pasquill-Guifford. Modelos de dispersión Gaussianos (descarga instantánea y continua). Limitaciones de los modelos gaussianos. Correcciones. Análisis de casos de estudio.

B.7.- Análisis de Vulnerabilidad. Introducción. Acceso del daño al organismo. Índices toxicológicos. Heterogeneidad de la población. Metodología PROBIT. Vulnerabilidad a personas y materiales: ecuaciones para radiación térmica, sobrepresión máxima y dosis tóxicas.

B.8.- Reactividad Química. Identificación de reactividades. Métodos teóricos: Índices CHETAH. Métodos prácticos: Calorímetros adiabáticos. Reacciones fuera de control. Teoría de *Semenov*.

BLOQUE C.- NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

C.1.- Planificación de Emergencias. Planes de emergencia interior (PEI). Planes de emergencia exterior (PEE). Coordinación. Comunicación.

C.2.- Normativa y Legislación española y europea.

Bibliografía

La bibliografía básica para el seguimiento de la asignatura (por orden alfabético del primer autor), es la siguiente:

- CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS). *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. American Institute of Chemical Engineers (AIChE). 2000.
- CROWL D.A., LOUVAR J.F.; *Chemical Process Safety. Fundamentals with applications*. 2nd Edition, Prentice Hall PTR. 2002.
- GARCÍA-TORRENT J. (Ed.); *Seguridad Industrial en Atmósferas Explosivas*. Laboratorio Oficial J.M. Madariaga. Madrid. 2003.
- MANNAN S.; *Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control* Butterworth-Heinemann. 2004.
- NOLAN D.P.; *Safety and Security Review for the Process Industries. Application of HAZOP, PHA, What-If and SVA Reviews*. 3rd Edition. Gulf Professional Publishing. ELSEVIER. 2012.
- SANTAMARÍA J., BRAÑA P.; *Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química* 2ª ed. Madrid, Ed. MAPFRE, 1998.

- STAPELBERG R.D.; *Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design*. Springer. 2009.
- STORCH DE GRACIA, J.M., GARCÍA-MARÍN T.; *Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas: Fundamentos, Evaluación de Riesgos y Diseño*. 2ª ed. Díaz de Santos. 2008.
- TNO YELLOW BOOK. *Method for the Calculation of Physical Effects due to Release of Hazardous Materials (Liquids and Gases)*. CPR14E. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 2005.

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Crowl, Daniel A.. *Chemical process safety : fundamentals with applications*/ Daniel A. Crowl, Joseph F. Louvar . - 2nd ed. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, cop. 2002
- *Guidelines for chemical process quantitative risk analysis* / [prepared for] Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers . - 2nd ed. New York : The Center, cop. 2000
- Mannan, S.. *Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control* / S. Mannan Butterworth-Heinemann. 2004
- Nolan, D.P.. *Safety and Security Review for the Process Industries. Application of HAZOP, PHA, What-If and SVA Reviews* / Nolan, D.P. 3rd Edition Gulf Professional Publishing. ELSEVIER. 2012.
- Santamaría Ramiro, J. M.. *Análisis y reducción de riesgos en la industria química* / J. M. Santamaría Ramiro, P. A. Braña Aísa . - 2ª ed. Madrid : MAPFRE, 1998
- *Seguridad industrial en atmósferas explosivas* / editor, Javier García Torrent [Madrid] : Laboratorio Oficial José María Madariaga, D.L. 2003
- Stapelberg, R.D.. *Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design* / R. D. Stapelberg Springer. 2009
- Storch de Gracia y Asensio, José María. *Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas : fundamentos, evaluación de riesgos y diseño* / J. Mª Storch de Gracia y T. García Martín . - 2ª ed. Madrid : Díaz de Santos, D. L. 2008
- TNO YELLOW BOOK. *Method for the Calculation of Physical Effects due to Release of Hazardous Materials (Liquids and Gases)*. CPR14E. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 2005.