

Trabajo Fin de Máster Ingeniería Industrial

Análisis de métodos de investigación de accidentes.
Casos prácticos aplicados a la docencia.

Autor: Ignacio Arroyo Llerena

Tutor: Prof. Dra. Ventura Pérez Mira

Dpto. Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Trabajo Fin de Máster
Ingeniería Industrial

**Análisis de métodos de investigación de accidentes.
Casos prácticos aplicados a la docencia.**

Autor:

Ignacio Arroyo Llerena

Tutor:

Prof. Dra. Ventura Pérez Mira

Profesora Asociada

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Máster: Análisis de métodos de investigación de accidentes. Casos prácticos aplicados a la docencia.

Autor: Ignacio Arroyo Llerena

Tutor: Prof. Dra. Ventura Pérez Mira

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

*A mi familia, por siempre confiar
en mí.*

*A mis amigos, por lo feliz que me
hacen.*

*A Marta, por ser mi compañera
de vida.*

*A mi tutora, por haberme
apoyado en todo momento.*

Resumen

Este trabajo de fin de máster se ha realizado con el objeto de servir de apoyo a la docencia en la investigación de accidentes laborales. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo de la metodología de investigación de accidentes laborales existente a través de distintas fuentes, a fin de realizar un estudio del arte que permita seleccionar diversos métodos. Una vez recabados los diferentes métodos se ha seleccionado el que se considera idóneo para el público estudiantil en base al estudio de diferentes criterios. Finalmente, se han resuelto con el método seleccionado y a modo de ejemplo una serie de casos prácticos reales extraídos del Compendio “*Pudo Haberse Evitado*”, de la Junta de Andalucía. Estos casos prácticos han sido amoldados para que puedan ser resueltos por el alumnado en su paso por la asignatura de Prevención de Riesgos Laborales, en los cuales hay que identificar medidas que eliminen las causas-origen de un posible accidente laboral.

Es por tanto un doble objetivo el que persigue este trabajo, relacionado el uno con el otro; servir de apoyo a la docencia y concienciar al alumnado (y por tanto, a las futuras generaciones de ingeniero) de la importancia de la Prevención de Riesgos Laborales, crucial a la hora de desempeñar cualquier tipo de actividad profesional.

Índice

RESUMEN	IX
ÍNDICE	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	5
3 METODOLOGÍA	7
3.1 ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE.	7
3.2 IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS	7
3.3 APLICACIÓN.	9
4 RESULTADOS	11
4.1 ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE.	11
4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS.	14
4.2.1 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES.	14
4.2.2 MÉTODOS INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES LABORALES.	16
4.3 IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS.	19
4.4 APLICACIÓN.	25
5 CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Referencia según técnica.	14
Tabla 2. Características según método (1/2)	19
Tabla 3. Características según método (2/2).	21

1 INTRODUCCIÓN

La prevención de riesgos laborales constituye la base para mejorar las condiciones de trabajo, de manera que se aumente la seguridad y salud de los trabajadores. Según el artículo 115 de la Ley General de Seguridad Social, “*un accidente de trabajo es toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena*”. Dentro de los accidentes laborales la ley recoge muchos tipos; in itinere, en misión, enfermedades que se contraigan con motivo de la realización del trabajo...etc. A todas estas situaciones indeseadas intenta dar respuesta la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, la cual “*...establece los principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales para la protección de la seguridad y de la salud, la eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo, la información, la consulta, la participación equilibrada y la formación de los trabajadores en materia preventiva, en los términos señalados en la presente disposición*” tal y como reza su Artículo 2. Objeto y campo de la norma. Desde la aprobación de dicha Ley de PRL se ha reducido de manera significativa la siniestralidad laboral, con lo que parece clara la relación entre prevención y mejora de seguridad y salud en el trabajo.

Cuando se descubren las causas que han dado lugar a escenarios no deseados, se puede actuar para evitar la aparición futura de dichos escenarios. En su aplicación a la identificación de las causas origen, son numerosos los métodos de evaluación de riesgos y de investigación de accidentes laborales. Estos métodos o técnicas, algunos más complejos que otros, pretenden diseñar y emplear las correcciones necesarias para asegurar que no vuelvan a surgir situaciones similares. El estudio de las causas puede llegar a ser muy variado, existiendo distintas técnicas, gráficas, tablas, observaciones, métodos...etc., a partir de las cuales se pretende llegar al mismo destino: la determinación del por qué del accidente. Gracias a ello se detectará un riesgo que bien no se ha tenido en cuenta anteriormente o bien no se pensaba que el alcance de las consecuencias podría afectar considerablemente a la seguridad laboral.

Es el empresario el que debe evitar estos contextos indeseados mencionados anteriormente, el Artículo 15.1 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales:

“El empresario aplicará las medidas que integren el deber general de prevención [...] con arreglo a los siguientes principios generales: a) Evitar los riesgos. b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar. c) Combatir los riesgos en su origen. d) Adaptar el trabajo a la persona, [...]. e) Tener en cuenta la evolución de la técnica. f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro. g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo. h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual. i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.”

Este trabajo surge como apoyo docente a la asignatura de Prevención de Riesgos Laborales del Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sevilla, si bien es aplicable para cualquier otra asignatura que trate la investigación de accidentes laborales en su proyecto docente. Se realiza con objeto de mejorar la organización en el trabajo, evitando la aparición o disminuyendo las causas origen de una serie de situaciones inadecuadas y problemas laborales. Gracias a la identificación de estas causas se va a elaborar un manual práctico que sirva como herramienta al alumnado para que ellos mismos puedan resolver problemas laborales de una manera más profesional. Para ello, habrá que buscar qué método entre todos los existentes es el idóneo.

En el estudio del vasto campo de la metodología existente, que va desde la creación de un método específico por un departamento de una empresa dedicado a cualquier sector, hasta un método general para todos los tipos de accidentes laborales, deriva este trabajo.

Paralelamente al estudio de las causas, existen también métodos centrados únicamente en el estudio de la evaluación de riesgos, sin la necesidad de haber tenido lugar el accidente, con el único objeto de examinar las condiciones propensas a favorecer la aparición de accidentes. Estos métodos también serán motivo de estudio en este trabajo.

Posteriormente al estudio de los diferentes métodos, se seleccionará el que se considere más apropiado para cumplir el propósito primordial de este trabajo, la elaboración de un manual práctico que sirva para la docencia, de manera que se pueda llevar a cabo una investigación de accidentes laborales más sencilla para el perfil educativo. De esta manera se persigue también atraer más la atención sobre la prevención de riesgos laborales, algo que hoy en día desgraciadamente no resulta tan importante y llamativo. Asimismo, se busca también que se deje de ver la prevención de riesgos laborales como un gasto, y que se enfoque como una inversión.

Una vez seleccionado el método idóneo se procederá a su posterior aplicación en 15 casos de accidentes laborales de Compendio "*Pudo Haberse Evitado*" del proyecto "Situaciones de Trabajo Peligrosas" del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, basándose en el temario impartido para resolverlo desde esa perspectiva analítica y finalizarlos recomendando medidas preventivas organizacionales. Los informes de los accidentes laborales del compendio han sido facilitados por la Consejería de Empleo, Empresa y Comercio de la Junta de Andalucía.

2 OBJETIVOS

El objetivo principal es la identificación de las causas origen de las condiciones de trabajo inadecuadas que tengan la potencialidad de originar un accidente laboral. Esta identificación le servirá posteriormente al alumnado, que hará uso de las herramientas, para poder resolver dichas situaciones desde el punto de vista organizacional. Este objetivo tiene como fin complementar a la asignatura de PRL del Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sevilla, sirviendo de apoyo docente.

Para hacer posible lo anterior, se tiene que llevar a cabo la consecución de objetivos parciales:

- **Estudio del estado del arte.** Para la obtención de los distintos tipos de métodos se va a llevar a cabo una búsqueda bibliográfica tanto en las bases de datos de la Universidad de Sevilla como en otras fuentes públicas, distinguiendo los tipos de documentos (artículos de investigación, tesis, libros, etc)
- **Identificación de características.** Para determinar qué métodos son objeto o no de este trabajo se va a estudiar ciertas características, que sirvan como criterio tanto de aceptación como de rechazo, sobre las que se evaluarán los métodos obtenidos, con el fin de seleccionar el más afín para la asignatura de Prevención de Riesgos Laborales.
- **Aplicación.** Una vez seleccionado el método más adecuado para crear el manual práctico docente, se aplicará a todos los casos del compendio Pudo Haberse Evitado que se encuentre en el alcance de este trabajo. Este manual podrá usarse a modo de herramienta por la docencia para formarse de una manera más profesional.

3 METODOLOGÍA

En este apartado se va a explicar la forma de proceder en cada punto del trabajo para obtener la información necesaria. En primer lugar se explicará cómo se ha llevado a cabo la búsqueda de cada método y en qué bases de datos. Seguidamente se detallarán las características que van a hacer que se acepte o no un método como apto para el fin que persigue este trabajo. Finalmente, se especificará la forma de aplicar el método a los casos del Compendio.

3.1 Estudio del estado del arte.

Para investigar los métodos existentes se han analizado variedad de artículos periodísticos, revistas de ciencia, compendios, manuales o cuadernos que empresas ofrecen a sus trabajadores, etc. Esta búsqueda se ha llevado a cabo tanto en bases de datos docentes (SCOPUS, de Fama, Catálogo de la Biblioteca de la Univ. Sevilla) como otras públicas (Google Académico).

Gracias a estas bases de datos se ha podido obtener un gran listado de métodos de investigación de accidentes laborales, además de muchos otros que solo estudian los riesgos de producirse dichos accidentes. Debido a la cantidad de técnicas existentes, en este proceso de obtención no se han incluido las que pudieran parecer menos fiables, representativas, o de las que no se tuviera la suficiente información para su estudio.

3.2 Identificación de características

Para la aplicación de un método a los diferentes accidentes del compendio “*Pudo Haberse Evitado*”, es necesario un proceso de cribado para seleccionar qué técnica o combinación de técnicas son las adecuadas para que el alumnado pueda aplicarlas de acuerdo con los objetivos marcados. De esta manera, se precisa la recomendación de unos criterios tanto de inclusión como de exclusión de las diferentes técnicas aplicadas en la búsqueda bibliográfica. Para ello, se va a estudiar cada método de acuerdo con unas características, las cuales se exponen a continuación:

1. Orientación.

Conforme a la orientación, cada método podrá ser deductivo, si va de lo general (causa origen) a lo particular (accidente); inductivo, si arrancan del accidente para ir indagando fallos o causas generales; o no orientado, si la técnica o método en sí no se centra (porque no lo precisa) en la línea temporal en la que se desarrolló el accidente. Esta característica solo cobra sentido, por lo tanto, en el caso de las técnicas de investigación de accidentes y no en el de la evaluación de riesgos previas a este, ya que se hace necesaria la propia existencia del accidente para estudiar esta característica.

2. Secuencial

Los modelos que estén basados en la teoría de las fichas del dominó, es decir, que se presenten como “*una sucesión de piezas de dominó que en su caída arrastran a las siguientes y terminan por generar el accidente*” (Heinrich, 1931), serán considerados secuenciales y por lo tanto poseerán esta característica.

Cabe destacar que el que un modelo sea o no secuencial no es lo mismo que un modelo esté orientado o no

(primera característica citada), ya que el sentido que se le da a la orientación en este trabajo es en la línea temporal mientras que las piezas de dominó nombradas son fallos en entorno social y ascendencia, fallos de la persona, acto inseguro o mecánico o físico (condición insegura), accidentes y lesiones. Por todo ello, que un modelo sea secuencial quiere decir que un fallo en una de las piezas hace que se active la siguiente y así sucesivamente, no que se aborde el estudio en una línea temporal (de atrás hacia delante o viceversa), donde ya se estudiaría la orientación.

3. Barreras

Esta característica hace referencia a si el método se centra o no en el método del queso suizo (*Reason, 1997*), que surgió como método que salvaba las limitaciones del modelo de Heinrich de las fichas del dominó. En él se estudia la consideración de las barreras o defensas del sistema en todas las etapas de desarrollo del accidente. Estas barreras comprenden condiciones latentes (influencias de la organización, supervisión, condiciones previas) y fallos activos (actos inseguros). Como se puede ver, algunas de las condiciones de este modelo coinciden con el modelo de Heinrich. No obstante, el modelo del queso suizo centra la atención en la influencia que tiene la organización para provocar las insuficiencias y ve el error humano no como una causa, sino como un efecto.

4. Descripción gráfica

Los métodos, generalmente, contienen alguna especie de gráfica/tabla para la mejor aplicación del método, así como para facilitar la propia comprensión y visualización del mismo. Dentro de todas las técnicas recabadas se verá cuáles gozan o no de descripción gráfica.

5. Acciones preventivas

En el presente trabajo se han recogido métodos que únicamente contienen evaluación de riesgos, a efectos de prevenir el propio accidente. No obstante, hay métodos de investigación de accidentes laborales que incluyen el propio estudio de acciones preventivas con evaluación de riesgos inicial, con lo que también se ha creado una característica para este tipo de técnicas.

6. Sector

Hay métodos típicamente aplicados a un sector en concreto, aunque la mayoría de ellos se pueden aplicar a toda la industria o incluso a todos los tipos de accidentes laborales. Por otro lado existen ciertas técnicas que, aunque interesantes, no hay constancia de que hayan sido aplicadas a ningún sector más de cuyo estudio surgieron. Esta característica se hace necesaria para ver qué método se podría ajustar más a la docencia, pues si una técnica es usada, por ejemplo, en la industria nuclear, no parece el más idóneo para ilustrarlo al alumnado.

7. Acciones correctivas

Solo se verá en las técnicas de investigación de accidentes (no en las de evaluación de riesgos) si poseen un plan con acciones correctivas o no, pues tiene que existir el propio accidente, con sus causas y efectos, para poder llevar a cabo un procedimiento destinado a corregir los mismos para que no vuelvan a tener lugar.

8. Practicabilidad

Esta característica se ha añadido a modo de apreciación personal sobre cómo es de viable la aplicación de cada uno de los métodos, lo que se podría asimilar a un indicador de su nivel de dificultad; sencillo, medio o difícil. De esta manera, se podrá saber si para la realización de un método u otro es necesario ser inexperto, tener algo de idea o ser un total experto en dicha técnica.

9. Cualitativo/Cuantitativo

Mientras que en los métodos cuantitativos se examinan los accidentes de manera numérica, cuantificando distintas variables que han llevado correlacionadamente al accidente, los métodos cualitativos evitan la cuantificación, haciendo registros de distintos fenómenos que son estudiados mediante la observación. De esta manera, mientras que en los métodos cuantitativos hace falta ser buen conocedor de todas las variables y tener la experiencia requerida para su valoración, las técnicas cualitativas permiten una respuesta más rápida, mayor capacidad de responder a preguntas, y mayor sencillez a la hora de aplicar el método. Por lo tanto, para el público hacia el cual va dirigido este trabajo son más interesante los métodos cualitativos que cuantitativos.

En base a todas estas características se ha seleccionado el método idóneo para el alumnado, de manera que le sea comprensible, de fácil aplicación y más o menos rápido o sistemático.

3.3 Aplicación.

Una vez seleccionado el método más apropiado para el estudio de este trabajo, se va a aplicar dicha técnica a 15 casos de uso del Compendio "*Pudo Haberse Evitado*", de la Junta de Andalucía, como se ha mencionado anteriormente. De esta manera se ha elaborado un dossier que ayude al alumnado a identificar la causa-origen de los accidentes laborales, abordando la investigación de los mismos gracias a la ayuda de este manual práctico. Lo que se pretende conseguir es que el estudiante, de una manera más simple y amena, aprenda a realizar investigaciones de condiciones de trabajo puedan materializarse en accidentes laborales.

4 RESULTADOS

Una vez presentada toda la metodología y la forma de proceder en el apartado anterior, se exponen a continuación los resultados.

4.1 Estudio del estado del arte.

Finalmente, los métodos incluidos en este trabajo han sido tanto de investigación de accidentes como técnicas de riesgos, y en cada uno de ellos se especifica tanto el autor y año de invención del método como el documento en el que lo publicó, o en caso de que este documento no existiese como tal, algún otro representativo donde se muestre la aplicación de dicho método.

A continuación se expone una tabla donde se recoge cada método, bien sea de investigación de accidentes, bien únicamente de evaluación de riesgos (fondo amarillo):

	Métodos	Autor, año	Documento
1	5 por qué	Toyoda, Sakichi (1926)	<i>Toyota production system: beyond large-scale production Portland</i>
2	Acci-Map	Rasmussen, Jens (1997).	<i>Risk management in a dynamic society: a modelling problem</i>
3	AEB	Svenson, O. (1991)	<i>The accident evolution and barrier function (AEB) model applied to incident analysis in the processing industries.</i>
4	ANACT	Françoise Piotet y Jacques Mabile (1984)	<i>NTP 210: Análisis de las condiciones de trabajo: método de la A.N.A.C.T.</i>
5	Análisis de barreras	DOE (US Department of Energy) (1999)	<i>Analysis of safety functions and barriers in accidents. Safety Science, Vol 47, Issue 3, pp. 353-363.</i>
6	Análisis de cambios	Ferry (1988)	<i>The Fatality Assessment and Control Evaluation.</i>
7	Análisis de causa-raíz	DOE (US Department of Energy)(1999)	<i>Identifying root causes of construction injuries. Journal of Construction Engineering and</i>

			<i>Management, Vol 124, Issue 1, pp. 67- 71.</i>
8	Análisis Ergonómico del puesto de trabajo	<i>FINNISH INSTITUTE OF OCCUPATIONAL HEALTH (1989)</i>	<i>NTP 451: Evaluación de las condiciones de trabajo: métodos generales</i>
9	Análisis gráfico de sucesos y factores causales	DOE (US Department of Energy)(1999)	<i>DOE HANDBOOK Accident and Operational Safety Analysis</i>
10	Árbol de causas	H.A. Watson (1970)	<i>NTP 274: Investigación de accidentes: árbol de causas</i>
11	Árbol de sucesos	UKAEA (1974)	<i>WASH-1400, 'El Estudio de Seguridad Nuclear'</i>
12	Checklist	INSHT (1995)	<i>NTP 324: Cuestionario de chequeo para el control de riesgos de accidente</i>
13	Control de pérdidas	Frank.E. Bird (1966)	<i>Liderazgo práctico en el control de pérdidas</i>
14	Diagrama de Ishikawa	Kaoru Ishikawa (1943)	<i>Qué es el control total de calidad? : la modalidad japonesa</i>
15	FINE	Fine & Kinney, 1971	<i>Mathematical evaluation for controlling hazards. Journal of Safety Research, 3(4), 157-166.</i>
16	FMECA	Ejército de los EEUU (1949)	<i>Norma MIL-P-1629 en 1949</i>
17	FRAM	Hollnagel, 2004	<i>Barriers and accident prevention</i>
18	HAZOP	Kletz (1983)	<i>HAZOP y Hazan</i>
19	HFACS	<i>(Wiegmann y Shappell, 2001)</i>	<i>Human error analysis of commercial aviation accidents: application of the human factors analysis and classification system (HFACS)</i>
20	HSE	HSE (2004)	<i>Cuaderno para empleados</i>
21	INHST	Gómez-Cano, et al., (1996)	<i>Resolución 23 de 1997. Metodología para la identificación, evaluación y gestión de la prevención de los riesgos laborales que afectan la seguridad y salud de los trabajadores.</i>
22	ISIM	TSB (1998)	<i>Safety Boards and the Evolution of Predictive Safety Management</i>
23	IVAS	<i>Alfredo Toriz P., Modesto</i>	

		<i>Raygoza B., Daniel Martínez N. (2017)</i>	<i>Modelo de inclusión tecnológica UAV para la prevención de trabajos de alto riesgo, en industrias de la construcción basado en la metodología IVAS</i>
24	LEST	Guelaud et al., 1975	<i>Pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise.</i>
25	MES	Benner (1975)	<i>Accident investigation: multilinear events sequencing method. Journal of Safety Research, Vol 7, Issue 2, pp. 67–73.</i>
26	MILI	Katsakiori et al (2010)	<i>A method of investigation by labour inspectors—design and preliminary evaluation</i>
27	MORT	Johnson (1980)	<i>A classification system for causes of occupational accidents for use in preventive strategies</i>
28	MTO	Rollenhagen, (1995),	<i>MTO—En Introduktion, Sambandet Människa, Teknik och Organisation, Studentlitteratur, Lund, Sweden, 1995, ISBN 91-44-60031-3.</i>
29	NSB	(Skriver et al., 2003)	<i>Norwegian State Railways</i>
30	OARU	Kjellén and Larsson (1981)	<i>Royal Institute of Technology in Stockholm – Sweden.</i>
31	PFA	HSE (1998)	<i>WAIT (PART III)—PRELIMINARY VALIDATION STUDIES</i>
32	RIAAT	Jacinto, C., Guedes Soares, C., Fialho, T., Silva, A.S. (2011)	<i>The recording, investigation and analysis of accidents at work (RIAAT) process. Policy and Practice in Health and Safety, Vol 9, pp. 57-77.</i>
33	RNUR	Chavarría (1986)	<i>Evaluación de las condiciones de trabajo: Método de los perfiles de puestos</i>
34	SCAT	International Loss Control Institute (1992)	<i>Guidelines for Investigating Chemical Process Incidents, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers</i>
35	SFs	Harms-Ringdahl (2009)	<i>Analysis of safety functions and barriers in accidents</i>
36	SHERPA	Embrey, D.E. (1986)	

			<i>Proceedings of the international topical meeting on advances in human factors in nuclear power systems</i>
37	STAMP	Leveson (2004)	<i>"A New Accident Model for Engineering Safety Systems." Safety Science 42(4): 237-70.</i>
38	STEP	Hendrick y Benner (1987)	<i>Investigating Accidents with STEP, Marcel Dekker</i>
39	THERP	<i>Lewis, C. M., & Stine, W. W. (1989).</i>	<i>Hidden dependence in human errors.</i>
40	TRIPOD BETA	Groeneweg (1998)	<i>TRIPOD—A Principled Basis for Accident Prevention</i>
41	VA	DOE (US Department of Energy)(2012)	-
42	WAIT	Jacinto y Aspinwall (2002)	<i>WORK ACCIDENTS INVESTIGATION TECHNIQUE- (WAIT) PART I</i>

Tabla 1. Referencia según técnica.

4.2 Descripción de los métodos.

Ante el gran número de métodos hallados durante la búsqueda bibliográfica, se va a proceder a continuación detallar brevemente cada uno de ellos, diferenciando entre métodos de evaluación de riesgos y métodos de investigación de accidentes.

4.2.1 Métodos de evaluación de riesgos laborales.

1. **ANACT.** Método que cobra su nombre por la *Agence Nationale pour l' amélioration des Conditions de Travail*. En este método se evalúa el riesgo clasificándolo en bueno, regular o malo gracias a distintos indicadores usados en las diferentes áreas de estudio. Se creó como guía para los distintos actores sociales de una organización, pudiendo así ser utilizado mediante una serie de fichas rellenables por todos aquellos trabajadores que estén relacionados con la mejora de las condiciones de trabajo (Dirección, Departamento de Seguridad y Salud, el Comité de Seguridad y Salud, Comité de Empresa o los trabajadores)
2. **Análisis ergonómico del puesto de trabajo.** Este análisis ha sido creado para tener una visión de la situación de trabajo, con el objeto de diseñar puestos de trabajo y tareas seguros a la par que productivos. Puede también utilizarse para hacer un control de las medidas implantadas en un centro de trabajo o para comparar diferentes puestos de trabajo. La base de esta técnica es una descripción metódica y cuidadosa del puesto de trabajo o tarea. De esta manera, hay que realizar entrevistas para obtener la mayor información posible. Puede ser necesario en algunos casos el uso de algunas herramientas más específicas, las cuales permitan medir magnitudes como ruido, luz, humedad...
3. **Árbol de sucesos.** Técnica que permite estudiar procesos en cadena de hipotéticos accidentes a partir de sucesos iniciales no deseados. También estudia probables desarrollos posteriores a dicho hipotético accidente, comprobando si las medidas preventivas existentes o previstas son suficientes para limitar o minimizar los efectos negativos. (Bestratén, 1994). Esta técnica se puede utilizar como complementaria al árbol de causas.

4. **Checklist.** Método simple consistente en un cuestionario para controlar los riesgos, permitiendo identificar ordenadamente qué aspectos están en orden y cuales no, y por lo tanto, representan un riesgo.
5. **FINE.** Método en el que se calcula el riesgo teniendo en cuenta las posibles consecuencias de un accidente, el factor de exposición y el factor de probabilidad.
6. **FMECA.** *Failure mode and effects and criticality analysis*, Análisis de modos de fallo, efectos y criticidad. Este método pretende ver la criticidad de cada riesgo para posteriormente jerarquizar los modos de fallo. Para ello se compone de cinco etapas: Definición de la intención de diseño, análisis funcional, identificación de modos de fallo, efectos y consecuencias del fallo, jerarquización del riesgo)
7. **HAZOP.** "Hazard and Operability Study" o Análisis funcional de operabilidad. En este método los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se estudian como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación. Se analiza continuamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de variables planteadas con el fin de encontrar inseguridades. Se puede aplicar en una etapa de diseño y en la etapa de operación.
8. **INSHT.** El método de evaluación de riesgos del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (antes Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de ahí el acrónimo), clasifica en primera instancia las actividades laborales para después desarrollar toda la información necesaria relacionada con cada actividad. Posteriormente se llevan a cabo distintas etapas, como son analizar las variables, identificar los peligros, estimar los riesgos y finalmente valoración de riesgos. De esta manera, se puede discernir en último lugar qué riesgo es tolerable y cuál no lo es.
9. **IVAS.** Investigación, Valoración, Análisis y Selección. Identificación de los riesgos existente a través de actividades cuyo objetivo sea tal identificación (Inspecciones y observaciones); Valoración o evaluación de riesgos utilizando para ello un método que permita clasificarlos en función de su criticidad; Actuación, toma de medidas correctoras, de acuerdo a la prioridad marcada por la evaluación, tratandodeeliminarlosriesgos,ysino, reducirlosycontrolarlos; Seguimiento de las medidas correctoras señalando, responsable de la realización, plazo de las mismas y comprobación de su eficacia (Azcuénaga L. M., 2004).
10. **LEST.** Este método le debe su nombre ya al Laboratorio de Anatomía y Sociología del Trabajo, donde sus miembros lo desarrollaron. Sirve para evaluar los factores ergonómicos psicosociales que afectan negativamente al entorno físico, la carga de trabajo físico, los aspectos psicosociales y las horas de trabajo de los trabajadores. Finalmente, se establece un diagnóstico que indica si las situaciones consideradas en el puesto son satisfactorias, molestas o nocivas.
11. **RNUR.** Método que debe su nombre a la elaboración por la *Régie Nationale des Usines Renault*. También es conocido como método de perfiles de trabajo. Clasifica objetivamente todas las variables del lugar de trabajo para mejorar la s. guridad personal y la del medio ambiente, disminuyendo la carga física y mental, reduciendo las molestias repetitivas o en cadena y aumentando los puestos de alto contenido de trabajo (Chavarría, 1986).
12. **SFs.** *Safety functions*. Comprende el análisis de sistemas técnicos, organizativos y administrativos en cuanto a funciones de seguridad para controlar y reducir los riesgos. Se entiende como función de seguridad a una característica del sistema que proporciona una función específica relevante para el rendimiento (o la seguridad) de la instalación.
13. **SHERPA.** *Systematic Human Error Research Reduction and Prediction Approach* o método de predicción y reducción del error humano, elabora recomendaciones para disminuir la probabilidad del error humano en los procedimientos, formación de personal y diseño de equipos, evaluando cualitativa y cuantitativamente la fiabilidad humana (Embrey, 1986). Esta técnica se basa en el análisis funcional de la conducta humana.
14. **THERP.** "Technique for Human Error Rate Prediction" o método para la predicción del error humano, es una técnica cuyo objetivo es predecir las probabilidades de error humano y evaluar el deterioro de un sistema hombre-máquina causado por los errores humanos (tomados aisladamente o en relación con el funcionamiento de los equipos técnicos), por los procedimientos o las prácticas

de ejecución así como por las otras características del sistema o de la persona que influyen en el comportamiento del mismo” (Arquer, 1999).

4.2.2 Métodos investigación de accidentes laborales.

1. **5 por qué.** Técnica simple que asume encontrar la causa raíz de un problema preguntando 5 veces por qué de manera iterativa. Se inventó para resolver los problemas en la manufactura de producción de motores de Toyota.
2. **Acci-Map.** Esta técnica trata de representar un suceso teniendo en cuenta un gran número de parámetros sociotécnicos, dividiendo el sistema en distintos niveles para hallar las múltiples causas de un suceso. De esta manera, se centra en el carácter global del accidente, representando la complejidad de las relaciones entre hechos y decisiones. No investiga un accidente de manera concreta, si no teniendo en cuenta las condiciones específicas en las que ocurrió el fenómeno.
3. **AEB.** *Accident Evolution and Barrier Function* es el Análisis de incidentes y accidentes que modela la evolución hacia un incidente-accidente como una serie de interacciones entre los sistemas humanos y técnicos. La interacción consiste en fallas, mal funcionamiento o errores que pueden conducir o han conducido a un accidente. El método obliga a los analistas a integrar simultáneamente los sistemas humano y técnico al realizar un análisis de accidentes a partir de la simple técnica de los diagramas de flujo del método.
4. **Análisis de barreras.** Las barreras son las condiciones que se oponen a que aparezca un accidente, haciendo función de defensa en todas las etapas de desarrollo del mismo. Se diferencian barreras en niveles de gestión y organización, procedimiento y ejecución. Tal y como se ha explicado en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, comprenden condiciones latentes (influencias de la organización, supervisión, condiciones previas) y fallos activos (actos inseguros).
5. **Análisis de cambios.** Técnica centrada en las desviaciones en las que se incurren al producirse cambios en los sistemas. Los efectos no deseados de estos cambios pueden traer consigo accidentes o incidentes. En este contexto se comparan dos situaciones: una ideal sin accidente y la del accidente, de manera que se pueda ver claramente los cambios entre ambos escenarios y los efectos que traen consigo.
6. **Análisis de causa raíz.** Aparece en muchas bibliografías como RCA, Root Cause Analysis. Este método busca encontrar los factores causales que, una vez salvados, logren que no se vuelva a repetir el accidente en condiciones similares. Por otro lado, al corregir dichos factores también se podrá evitar la aparición de otro tipo de accidentes que dependan de las mismos factores.
7. **Análisis gráfico de sucesos y factores causales.** También conocido como ECFCA (*Events and causal factors charting analysis*), representa de manera gráfica la evolución temporal del accidente basándose en los hechos y condiciones que llevaron al mismo.
8. **Árbol de causas.** Técnica que realiza la investigación de un accidente profundizando el análisis de las causas hasta llegar al conocimiento de las causas primarias. Tiene por objetivo llegar a determinar las causas principales de un accidente ya que conocidas éstas y diseñadas y aplicadas las medidas de prevención para eliminarlas, la posibilidad de que el mismo pueda volver a producirse es nula o muy baja. El accidente se sitúa en el punto más alto del árbol, derivándose de esta las causas primarias que llevaron a él, subdividiéndose estas en más causas y así sucesivamente hasta llegar a todas las causas origen que propiciaron la aparición del accidente.
9. **Control de pérdidas.** En este modelo de investigación de accidentes se deben orientar los esfuerzos en la identificación y el control de las causas básicas de los mismos, y no sobre las consecuencias ni las causas inmediatas de ellos. (Frank E. Bird, 1966)
10. **Diagrama de Ishikawa.** También conocido como diagrama de espina de pescado, es un método que ayuda a encontrar las causas raíz de un problema, investigando todos los protagonistas involucrados en la ejecución del proceso. Presenta la relación existente entre el resultado indeseado (efectos) y los múltiples factores (causas) que pueden contribuir a que ese resultado haya ocurrido. Las espinas del pescado serían las causas de los problemas planteados.

11. **FRAM.** El *Functional Resonance Analysis Method* o método de análisis funcional de resonancia, describe el fallo del sistema introduciendo el concepto de la resonancia causada debido a la variabilidad del rendimiento diario del sistema (Hollnagel, 2004). Esto proporciona una forma conveniente de representar la propagación no lineal de los acontecimientos y también permite dar cuenta de los resultados adversos en los casos en que no se produjeron fallos o averías manifiestas. El principio del FRAM es caracterizar las funciones de los sistemas individuales independientemente de la forma en que puedan estar conectadas en una situación específica.
12. **HFACS.** Es el análisis del factor humano y esquema de clasificación (*Human Factors Analysis and Classification System*) y se centra en el error humano como vehículo principal para la aparición del accidente. Así, al estar basado en el modelo del queso suizo (Reason, 1997), considera cuatro niveles de error humano; actos inseguros del personal, condiciones previas para que existan dichos actos inseguros, cuestiones de supervisión y cuestiones organizativas.
13. **HSE.** El Health and Safety Executive lanzó a modo de cuaderno de trabajo para los trabajadores, representantes de seguridad y sindicatos. Este método sigue el modelo de causalidad del accidente de Reason. Se parte del evento y se pretende encontrar hechos con preguntas específicas estructuradas. El objetivo del análisis es exponer las razones por las que esto sucedió y encontrar causas inmediatas, subyacentes y de raíz.
14. **ISIM.** *Integrated safety investigation methodology* o metodología de investigación de seguridad integrada, es un método basado en el modelo de Reason. Comienza con la recopilación de información relativa al personal, las tareas, el equipo y las condiciones ambientales que intervienen en el suceso, a fin de determinar la secuencia de los acontecimientos e identificar los factores subyacentes y las condiciones inseguras. Posteriormente, se evalúa el nivel de riesgo asociado con esas condiciones inseguras o factores subyacentes y examinar la situación de las barreras (físicas o administrativas) a fin de identificar las que no son adecuadas.
15. **MES.** El MES (*Multilinear events sequencing* o secuenciación de eventos multilíneas) es una técnica de gráficos, que muestra los eventos ordenados cronológicamente sobre una base temporal. Se basa en la visión de que un accidente comienza cuando se perturba una situación estable. Una serie de eventos puede entonces conducir a un accidente. El método distingue entre actores, acciones y eventos. Los actores pueden ser personas, equipos, sustancias, mientras que las acciones son cualquier cosa llevada a cabo por un actor. Los eventos son la combinación única de un actor más una acción.
16. **MILI.** *Method of Investigation for Labor Inspectors* o método de investigación para las investigaciones laborales, es un método que fue ideado para investigar accidentes en ambientes industriales de una manera específica y estructurada, con el fin de ayudar a identificar los factores de lugar de trabajo y de organización, además de los factores inmediatos y violaciones legales.
17. **MORT.** El diagrama *Management Oversight and risk tree* o Supervisión de la gestión y árbol de es un árbol lógico complejo (siendo el accidente el evento principal) con tres ramas principales: Factores-S; los descuidos y omisiones específicos asociados con el accidente que se está investigando, factores-R o riesgos asumidos, que son riesgos conocidos pero que en algunos casos no están controlados, y factores-M, que son características generales del sistema de gestión que contribuyeron al accidente. Los diversos elementos del árbol están numerados y estos números remiten a una lista con preguntas específicas que el analista debe plantear. El análisis consiste en repasar todos los elementos del árbol y hacer una evaluación de cada uno de ellos, basada en dos niveles de evaluación: "satisfactorio" y "menos que adecuado" a fin de examinar la idoneidad de las medidas.
18. **MTO.** La base del análisis del MTO (Man Technology Organisation) es que los factores humanos, organizativos y técnicos deben enfocarse por igual en la investigación de un accidente. Se centra en la mejora del rendimiento humano, siendo una combinación de 3 de los métodos descritos anteriormente: Diagrama de eventos y causas, análisis de cambios y análisis de barreras.
19. **NSB.** Este método, desarrollado por los Ferrocarriles Estatales de Noruega y por los que lleva su nombre (Norske Statesbaner) fue creado para el análisis de los accidentes en el sector ferroviario noruego. El método integra los enfoques de Reason (1997) y Hollnagel (2002) y se centra en la interacción humana, técnica y organizativa. El método identifica la secuencia de eventos y dónde se rompieron o faltaron las barreras. También incluye un cuestionario, abordando factores como los procedimientos, la comunicación, la interfaz entre los sistemas humanos, las herramientas y el equipo, la gestión

organizativa, el entorno de trabajo y la finalización de las tareas.

20. **OARU.** La Unidad de Investigación de Accidentes Ocupacionales (*Occupational Accident Research Unit*) es un método ideado para el Real Instituto de Tecnología de Estocolmo, que trata de describir la secuencia del accidente y encontrar los factores determinantes. La secuencia de accidentes tiene tres fases: la inicial (cuando hay desviaciones del proceso normal), la fase final (que se caracteriza por la pérdida de control y el flujo no controlado de energía) y la fase de lesión (donde la energía se encuentra con el cuerpo humano y causa daños físicos). Los factores determinantes son las propiedades técnicas, organizativas y sociales del sistema de producción que afectan a la secuencia de accidentes.
21. **PFA.** El método de análisis de posibles factores (*Possible Factors Analysis*) se ideó para hallar causas inmediatas y otros factores causales (llamados Factores Posibles). En primer lugar se realiza una técnica de árbol manualmente, pudiendo participar todas aquellas personas dentro de un sistema que tenga capacitación de uso sobre la investigación. Una vez hallados los posibles factores, se hacen recomendaciones para cada posible factor identificado. No hay una metodología a seguir, se usa la propia experiencia y skills de los investigadores.
22. **RIAAT.** El Registro, Investigación y Análisis de Accidentes en el Trabajo se centra en los accidentes laborales registrando el evento y sus principales circunstancias; llevando a cabo una investigación y un análisis causal abordando distintos aspectos; planificando medidas para implantar y estableciendo las actividades necesarias para compartir información y promover el aprendizaje organizacional.
23. **SCAT.** La Técnica de Análisis Sistemático de Causas (*Systematic Cause Analysis Technique*) es una herramienta que sirve para ayudar a la investigación y evaluación de accidentes a través de la aplicación de un gráfico. Se centra en la investigación de incidentes ocupacionales. El gráfico actúa como una lista de control para asegurar que una investigación ha examinado todas las facetas de un accidente. Hay cinco bloques en un gráfico SCAT. Cada bloque corresponde a un bloque de los modelos de Causa de Pérdida (Pérdida de control, causas básicas, causas inmediatas, incidente, pérdida).
24. **STAMP.** El Modelo y Proceso Teórico de Accidentes de Sistemas (*Systems Theoretic Accident Model and Process*) es un enfoque sistémico del análisis de seguridad. Esta técnica fue creada para la aviación, permitiendo identificar con éxito los factores centrales del accidente del Helios 522. Basándose en los resultados de esta investigación y debido a su utilidad inherente, el método STAMP- puede utilizarse para obtener una variedad de conocimientos críticos de seguridad, y lo hace de una manera que considera a los individuos, las organizaciones y la tecnología al mismo nivel de granularidad, de forma que no se atribuya la culpa a ningún agente en particular.
25. **STEP.** El método STEP (*Sequential Timed Events Plotting*) o Trazado de eventos secuenciales propone un proceso sistemático para la investigación de accidentes basado en secuencias de eventos multilineales y una visión de proceso de los fenómenos de accidentes. Se basa en cuatro conceptos: 1. En los accidentes varias actividades tienen lugar al mismo tiempo. 2. El accidente se describe en una hoja de trabajo en el que se describe un evento, es decir, un actor que realiza una acción. 3. Los eventos fluyen lógicamente durante un proceso. 4. Tanto el proceso productivo como el de los accidentes son similares y pueden ser comprendidos usando procedimientos de investigación similares. Ambos involucran actores y acciones, y ambos son capaces de repetirse una vez que se entienden.
26. **TRIPOD BETA.** Es una fusión del método TRIPOD, que considera que los fallos organizativos son los principales factores en la causa de los accidentes, y el modelo de Proceso de Manejo de Peligros y Efectos. De esta manera surge como herramienta técnica Tripod-Beta con el fin de guiar al investigador a la hora de hacer una representación técnica del accidente. Surge como fusión un modelo de causalidad de accidentes en el que los fallos latentes están relacionados con 11 factores de riesgo básicos definidos, en el que las defensas y controles están directamente relacionados con actos inseguros, condiciones previas y fallos latentes. Los actos inseguros describen cómo se rompieron las barreras y los fallos latentes por qué se rompieron las barreras.
27. **VA.** *Verification Analysis* es un método que asegura que el proyecto de investigación del accidente se ha llevado a cabo de manera correcta, completando todas las técnicas analíticas. Este método es por lo tanto una comprobación de que lo que se ha hecho es correcto, completo, exacto y consistente. Verifica que todas las partes hayan sido completadas y que las conclusiones estén contrastadas durante todo el proceso de análisis.

28. **WAIT.** *Work accidents investigation technique* o Técnica de investigación de accidentes de trabajo, integra los enfoques teóricos desarrollados por Reason (1997) y Hollnagel (2002). El método tiene un cuestionario y ofrece orientación específica para reunir la información y comprende dos fases secuenciales, que comienzan con una investigación simplificada seguida de un segundo análisis en profundidad. La primera permite identificar los fallos activos en la secuencia de los acontecimientos y sus consecuencias. En el proceso simplificado se identifican también los factores que influyen en el entorno laboral y el lugar de trabajo, para cada uno de los fallos activos identificados. El análisis en profundidad incluye la identificación y el análisis de los factores individuales y laborales y termina con la identificación de las deficiencias organizativas y de gestión.

Como se ha podido observar, tanto en los métodos de evaluación de riesgos como en los métodos de investigación de accidentes se pueden encontrar puntos en común entre ellos. Como se ha dicho anteriormente, la mayoría de los métodos surgen para una aplicación específica, evolucionando algunos de ellos para ser usados en casos más generales o bien para aplicarlos en otro tipo de sector, como la industria para la que fueron inventados. Estas similitudes pueden hacer que parezca que dos métodos son realmente el mismo y que haya muchas redundancias, no siendo así, ya que como se ha justificado cada método surgió en unas condiciones y por lo tanto, aunque estén basados en los mismos principios, la manera de aplicarlos es distinta, así como el alcance de los resultados obtenidos.

4.3 Identificación de características.

Para seleccionar el método idóneo que haga cumplir el objetivo principal de este trabajo, se han evaluado todos los métodos de investigación de accidentes laborales de acuerdo con las características mencionadas en *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*

Finalmente, aunque la evaluación de riesgos se ha incluido para recabar todo tipo de métodos, no se van a incluir aquellos que posean evaluación de riesgos como complemento a los de investigación de accidentes laborales, debido al enfoque que se le va a dar a este trabajo; llegar a las causas-origen y emplazar una medida preventiva para cada una de ellas,

A continuación se exponen un par de tablas en las que se señala las características que poseen o no cada método:

Tabla 2. Características según método (1/2)

	Métodos	Orientación	Barreras	Secuencial	Descripción gráfica	Acciones Preventivas
1	5 por qué	Inductivo		✓	✓	
2	Acci-Map	No orientado			✓	✓
3	AEB	No orientado			✓	✓
4	Análisis de barreras	No orientado	✓		✓	✓
5	Análisis de cambios	No orientado			✓	

6	Análisis de causa-raíz	Inductivo		✓	✓	✓
7	Análisis gráfico de sucesos y factores causales	Deductivo	✓	✓	✓	
8	Árbol de causas	Inductivo		✓	✓	
9	Control de pérdidas	No orientado	✓			✓
10	Diagrama de Ishikawa	Inductivo		✓	✓	
11	FRAM	No orientado	✓		✓	✓
12	HFACS	No orientado	✓	✓	✓	
13	HSE	Inductivo		✓		✓
14	ISIM	Inductivo	✓	✓	✓	✓
15	MES	Deductivo		✓	✓	✓
16	MILI	No orientado	✓			
17	MORT	Deductivo	✓	✓	✓	✓
18	MTO	No orientado	✓	✓	✓	✓

19	NSB	No orientado	✓	✓	✓	✓
20	OARU	No orientado	✓	✓		✓
21	PFA	No orientado	✓			
22	RIAAT	No orientado		✓		✓
23	SCAT	No orientado			✓	
24	STAMP	No orientado	✓			
25	STEP	No orientado		✓	✓	✓
26	TRIPOD BETA	No orientado	✓	✓	✓	
27	VA	Deductivo				
28	WAIT	No orientado	✓			

Tabla 3. Características según método (2/2).

	Métodos	Sector	Acciones correctivas	Practicabilidad	Cuantitativo/Cualitativo
1	5 por qué	General	✓	Sencillo	Cualitativo
2	Acci-Map	Sistemas sociotécnicos complejos	✓	Complejo	Ambos

3	AEB	Nuclear	✓	Medio	Ambos
4	Análisis de barreras	General	✓	Sencillo	Cualitativo
5	Análisis de cambios	General		Sencillo	Cualitativo
6	Análisis de causa-raíz	General	✓	Complejo	Ambos
7	Análisis gráfico de sucesos y factores causales	General	✓	Medio	Cualitativo
8	Árbol de causas	General, sencillos		Sencillo	Cualitativo
9	Control de pérdidas	General	✓	Sencillo-Medio	Ambos
10	Diagrama de Ishikawa	General		Sencillo	Cualitativo
11	FRAM	Industria	✓	Complejo	Cualitativo
12	HFACS	Aeronáutica	✓	Medio	
13	HSE		✓	Sencillo-Medio	Cualitativo
14	ISIM	Transporte	✓	Medio	Ambos
15	MES	Industrial		Medio	Cualitativo

16	MILI	Industria manufacturera		Complejo	Ambos
17	MORT	Nuclear, Aeronáutica	✓	Complejo	Cualitativo
18	MTO	Nuclear	✓	Complejo	Cualitativo
19	NSB	Ferroviaria	✓	Complejo	Ambos
20	OARU	General		Medio	-
21	PFA	General	✓	Sencillo	Cualitativo
22	RIAAT	General	✓	Medio	Cualitativo
23	SCAT	General	✓	Complejo	Cualitativo
24	STAMP	Marítima		Complejo	Cualitativo
25	STEP	General		Simple	Ambos
26	TRIPOD BETA	General	✓	Medio-Complejo	Cualitativo
27	VA	General		Medio	Cualitativo
28	WAIT	Industrial		Medio	Ambos

Derivado de este análisis puede discernirse mejor cómo es cada método, lo que ayuda para decidir finalmente cuál es el idóneo para satisfacer el objetivo de este trabajo.

De esta manera, interesan métodos que estén orientados, con el fin de que el alumno pueda visualizar mejor la línea temporal del accidente.

Un método que posea descripción gráfica puede hacer que parezca más interesante y sencillo a la vista del alumno. Paralelamente, en cuanto a practicabilidad (conviene recordar que esta característica ha sido dada personalmente a cada método según se ha podido ver en la bibliografía), los métodos más convenientes son los más sencillos o sencillo-medio, teniendo en cuenta que es para alumnado de Máster en Ingeniería Industrial, los cuales alguno de ellos no ha tenido contacto en otras asignaturas con la Prevención de Riesgos Laborales.

Los métodos que tengan una aplicación muy específica o diseñados para un fin estipulado, que no se abra ante la aplicación respecto a otros escenarios, no parece muy apropiado para enseñar a un alumnado que va buscando familiarizarse con la investigación de accidentes, los cuales serán típicamente generales.

Los métodos cuantitativos no parecen ser del todo adecuados para el público al que van dirigidos, ya que saber evaluar cuantitativamente ciertas variables requiere de unos conocimientos y experiencia elevados, con lo que al no ser ciencias asimiladas por la docencia parece que los métodos cualitativos son los más apropiados para ello.

Si se aplica un simple filtro con las características deseadas a todos los métodos recabados, se obtienen los siguientes cuatro:

1. Método de los 5 por qué.
2. Análisis gráfico de sucesos.
3. Árbol de causas
4. Diagrama de Ishikawa

Se puede comprobar que este listado final tiene sentido, ya que son los métodos más simples y practicables, incluso puede que alguno les suene a los estudiantes sin haber estudiado previamente Prevención de Riesgos Laborales.

De entre toda la selección resultante, el método seleccionado ha sido el Árbol de Causas debido a su fácil aplicación, a que no requiere ser utilizado por expertos pero a la vez es de alta profesionalidad, dado que los resultados obtenidos permiten identificar las causas primarias del accidente con lo cual se pueden implantar medidas preventivas desde el origen. Por último, otro motivo por el que se ha escogido este método es que puede realizarse paso a paso teniendo unos conocimientos medios de prevención, pudiéndose adquirir con creces en la asignatura de PRL.

4.4 Aplicación.

En este apartado se describe el manual mencionado anteriormente, el cual se presenta en un documento independiente con objeto de poder entregarlo al alumnado sin implicar por ello la lectura de todo el Trabajo de Fin de Máster.

En el manual, se abordan 15 casos reales adaptados a la literatura y objetivos de la asignatura de PRL bajo una misma estructura, con el fin de que el público estudiantil pueda no solo familiarizarse con la investigación de accidentes sino también aprender a identificar condiciones de trabajo inadecuadas que tengan la potencialidad de originar un accidente laboral.

5 CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han ido desarrollando diferentes apartados para lograr cumplir los diferentes objetivos marcados, y como consecuencia de ello se han extraído distintas conclusiones, destacándose a continuación:

1. Los trabajadores deben estar concienciados de la importancia de la Prevención de Riesgos Laborales, ya que con unos conocimientos medios se podrían evitar diferentes situaciones que puedan conducir a accidentes laborales.
2. Existe un amplio campo de metodologías de investigación de accidentes. En su inicio, la mayoría de ellos surgieron para una aplicación en un sector concreto, entre los cuales algunos de ellos han conservado esa exclusividad ligada al sector mientras que otros métodos han ido evolucionando hasta convertirse en más generalizados.
3. La Prevención de Riesgos Laborales debe enseñarse desde niveles de educación universitarios tempranos, en lo que a Ingeniería se refiere, para que los futuros ingenieros estén sensibilizados con la PRL y velen por ella con la importancia que merece. Para ello, es necesario renovar el método de docencia para hacer más asiduo y visual su estudio.
4. Gracias a la aplicación a través de los casos prácticos se ha podido observar como la mayoría de los accidentes laborales son la consecuencia de diferentes causas en la cual el factor de error humano (mala actuación) está siempre presente. Debido a ello vuelve a verse la importancia de la concienciación de la PRL en los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adam, J. M., Pallarés, F. J., & Calderón, P. A. (2009). Falls from height during the floor slab formwork of buildings: Current situation in Spain. *Journal of Safety Research*, 40(4), 293–299. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.07.003>
2. Aneziris, O. N., Topali, E., & Papazoglou, I. A. (2012). Occupational risk of building construction. *Reliability Engineering & System Safety*, 105, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2011.11.003>
3. Bestratén Belloví, M. (1994). NTP 328: Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos. Spain.
4. Bobick, T. G. (2004). Falls through roof and floor openings and surfaces, including skylights. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(6), 895–907.
5. BOE. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (1995). Spain: Boletín Oficial del Estado.
6. Camino López, M. Á., Ritzel, D. O., Fontaneda, I., & González Alcantara, O. J. (2008). Construction industry accidents in Spain. *Journal of Safety Research*, 39(5), 497–507.
7. Carpio de los Pinos A.J., González García G.M., Critical analysis of risk assessment methods applied to construction works.
8. Chavarría, R. NTP-176. Evaluación de las condiciones de trabajo: Método de los perfiles de puestos (1986). Spain.
9. Chi, C.-F., Chang, T.-C., & Ting, H.-I. (2005). Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry.
10. Cortés Díaz, J.M. (2007) Técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad e higiene del trabajo.
11. "Fatality Assessment and Control Evaluation (FACE) Program - Traumatic occupational injury.
12. Fraile Cantalejo, A. INSHT (2015). NTP 1046: Investigación de accidentes. Recogida de testimonios.
13. "Haslam, R. A., Hide, S. A., Gibb, A. G. F., Gyi, D. E., Pavitt, T., Atkinson, S., & Duff, A. R. (2005). Contributing factors in construction accidents. *Applied Ergonomics*, 36(4), 401–415. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.12.002>
14. Hatipkarasulu, Y. (2010). Project level analysis of special trade contractor fatalities using accident investigation reports. *Journal of Safety Research*, 41 (5), 451–457. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2010.08.005>
15. Hermanus, M. A. (2007). Occupational health and safety in mining—status, new developments, and concerns. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 107, 531–538"
16. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.(2019), Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción.
17. Launis, M., & Kuorinka, T. (1989). *Ergonomic workplace analysis*. Finland: Finnish Institute of Occupational Health
18. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, 269, de 10 de noviembre de 1995. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>

19. Marhavilas, P. K., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). 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.
20. Journal of Loss Prevention in the Process Industries <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423011000325?via%3Dihub>
21. Moreno Jimenez, B., Baez León, C. (2010). Factores y riesgos psicosociales, formas, consecuencias, medidas y buenas prácticas.
22. Panagiota K., Sakellaropoulos G., (2011) Manatakis S. Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models.
23. Piñero Piolestan L. (2016). Junta de Andalucía. Consejería de Empleo, Empresa y Comercio. Compendio 50 Pudo Haberse Evitado.
24. Piqué Adanuy, T. INSHT (2019). NTP 274. Investigación de accidentes. Árbol de causas
25. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado, 256, de 25 de octubre de 1997. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-22614>
26. Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. Boletín Oficial del Estado, 27, de 31 de enero de 2004. <https://boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-1848>
27. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Boletín Oficial del Estado, 27, de 31 de enero de 1997. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-1853>
28. Reason, J. (1997). Managing the Risks of Organizational Accidents.
29. Rubio Romero J.C. (2005). Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales.
30. Ruiz Frutos C. (2007). Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales.
31. Salguero Caparrós F. (2017). Análisis y evaluación de la investigación de accidentes laborales como técnica preventiva en España [Tesis Doctoral, Universidad de Málaga].
32. Segarra Cañamares, M., Villena Escribano, B. M., González García, M. N., Romero Barriuso, A., & Rodríguez Sáiz, A. (2017). Occupational risk-prevention diagnosis: A study of construction SMEs in Spain. *Safety Science*, 92, 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.09.016>.