

Análisis de un accidente del sector minero mediante el método del árbol de causas y el método de Feyer & Williamson

RESUMEN / ABSTRACT

Fundamento y Métodos: En esta investigación se presenta el caso del análisis de un accidente del sector minero a través de 2 métodos distintos: 1) árbol de causas, 2) Feyer & Williamson. En el método del árbol de causas se identifican y codifican causas inmediatas y causas básicas según el método de clasificación del INSHT. Seguidamente se ordenan esquemáticamente en forma de árbol, desde el accidente, pasando por causas inmediatas y finalizando en causas básicas. Normalmente, si la investigación del accidente ha sido o ha podido ser adecuada, se puede identificar una causa básica detrás de cada causa inmediata.

El método de Feyer & Williamson, ha sido diseñado para permitir la codificación de una secuencia temporal de hasta 3 acontecimientos que han precedido a un accidente dado. Estos eventos se denominan Acontecimientos Precedentes y se caracterizan por ser factores determinantes para la génesis del accidente. Así mismo se identifican también factores causales que se considera que han influido en el accidente pero no de una manera tan determinante como los eventos. El método permite identificar 4 tipos de eventos y 8 tipos de factores causales, así como distintas clases de errores humanos que han influido directamente en el origen del accidente.

Resultados: Una vez realizada la identificación y clasificación de todas las causas y factores que influyen de una forma directa o indirecta en el origen del accidente analizado según cada método de análisis, se procede a la organización gráfica de todos ellos a partir de cada metodología. Así mismo, se realiza una comparación entre los 2 métodos resaltando ventajas e inconvenientes entre los mismos.

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS

PUNTOS DE INTERÉS

Comparación de 2 métodos de análisis de un accidente del sector minero.

Codificación de causas inmediatas y básicas en los 2 métodos.

La importancia de la codificación de la información para bases datos digitales.

AUTORES / AUTHORS

Lluís Sanmiquel

Cátedra ICL en Minería Sostenible (UPC)

lluis.sanmiquel@upc.edu

Marc Bascompta

Cátedra ICL en Minería Sostenible (UPC)

marc.bascompta@upc.edu

José Juan de Felipe Blanch

Universitat Politècnica de Catalunya

jose.juan.de.felipe@upc.edu

Carla Vintro Sánchez

Universitat de Lleida

Carla.vintro@aegegn.udl.cat

Hernán Anticoi Suszuki

Universitat Politècnica de Catalunya

hernan.anticoi@upc.edu

Modesto Freijo Álvarez

Universitat Politècnica de Catalunya

freijo@ee.upc.edu

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) cada año tienen lugar 317 millones de accidentes laborales, de los cuáles 2.3 millones son mortales. El coste de esta adversidad diaria es muy grande y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud de las empresas suponen un 4 por ciento del Producto Interior Bruto global de cada año (OIT, 2019). Así mismo, en el año 2016 en los 28 países de la Unión europea se produjeron 3.285.032 accidentes laborales no mortales que produjeron algún tipo de lesión al trabajador, y 35.498 accidentes mortales (EUROSTAT, 2019). De estos accidentes laborales acaecidos en la UE el año 2016, 488.569 no mortales y 496 mortales se produjeron en España (Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social, 2019).

La mayoría de los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales que tienen lugar en el mundo pueden prevenirse (OIT, 2003). Para ello es necesario que todos los países adopten políticas de seguridad y salud laborales adecuadas y rigurosas.

Los accidentes y enfermedades derivadas del trabajo causan un enorme daño y sufrimiento humano para las víctimas, familiares y personas de su entorno que no se soluciona con una indemnización económica. Además de sufrimiento estos accidentes y enfermedades profesionales suponen un gran coste para la sociedad y para las empresas. Así mismo, el coste de los accidentes y enfermedades profesionales está formado por unos costes directos, explícitos o tangibles; y de unos costes indirectos, implícitos o intangibles. Los costes directos son los directamente cuantificables como puede ser las pérdidas por cada jornada perdida por el accidentado, la prestación económica por invalidez,.... Los costes indirectos son los más difíciles de cuantificar y suelen constituir una proporción mucho más grande que los costes directos (Hämäläinen et al, 2006).

Es conocido que la minería es uno de los sectores económicos con una frecuencia de accidentes laborales más elevada por cada millón de horas trabajadas. Así, en el año 2017, la minería tuvo un índice de frecuencia 2.5 veces superior al del total de los sectores económicos. Hay diversos estudios (Mitchell et al, 1998), (Gyekye, 2003), (Hull et al, 2006), que ponen de manifiesto que el sector de la minería sufre una mayor incidencia y gravedad de accidentes laborales por sus características particulares tales como (equipos de trabajo con grandes potencias, lugares de trabajo peligrosos, condiciones ambientales caracterizadas por gran presencia de polvo, humedad, temperaturas extremas, etc.). Todo ello influye en que se produzca un mayor número de accidentes y de mayor gravedad. En otros estudios se ha determinado que en la minería a cielo abierto de España en el período 2005-2015, el tipo de accidente más probable es el que se caracteriza por: el trabajador tiene un contrato indefinido y a tiempo completo; está realizando una actividad física basada en la manipulación de objetos; el accidente ocurre en las 2-4 primeras horas del inicio de la jornada laboral; y la causa inmediata del accidente está basada en el movimiento del cuerpo del trabajador con esfuerzo físico o sobreesfuerzo (Sanmiquel, 2018). Así mismo, en otro estudio de siniestralidad laboral en el sector minero, se determinó que en los accidentes, la mayoría de eventos precursores primeros son de tipo ambiental, mientras que los segundos o anteriores a los primeros, son predominantemente de comportamiento (Sanmiquel, 2010).

Una vez se ha producido el accidente, una fuente de información muy importante la constituye la investigación del mismo. De este modo, cuando acontece un accidente de trabajo, el principal objetivo del experto en prevención de riesgos laborales (sea de la propia empresa, externa o de la Administración) que ha de llevar a cabo la investigación, es la de determinar sus causas principales. Ello es así porque conocidas éstas y diseñadas y aplicadas las medidas de prevención-protección para eliminarlas, la posibilidad de que un accidente de la misma naturaleza pueda volver a producirse, es nula o muy baja (Piqué, 1991).

El principal objetivo del presente estudio es el de analizar un accidente sucedido en el sector minero español mediante 2 metodologías distintas con la finalidad de: Identificar los distintos factores que han contribuido de una manera más o menos determinante en la génesis del accidente; así como determinar las medidas preventivas más eficaces de cara a que un accidente de este tipo no se pudiera volver a repetir. También en destacar las ventajas e inconvenientes más importantes de los 2 métodos.

METODOLOGÍA

La población de estudio abarca todos los datos recopilados por el principal autor de este estudio en la investigación de un accidente sucedido en el año 2000 en una explotación a cielo abierto de España. Los principales datos recopilados fruto de la investigación realizada fueron los siguientes:

- Descripción del accidente:

El señor XX1 conductor de un camión A llegó a la zona de silos de la instalación existente en una cantera de calizas de la empresa EE1, con la intención de cargar áridos del silo número 6 (ver croquis de situación). Para ello, estacionó el camión debajo de las aberturas de carga del silo mencionado. Una vez estacionado, bajó del camión y caminó en dirección a los mandos de control de apertura y cierre de tolvas situadas en el lado contrario donde se encontraba el puesto de conducción del camión. Subió el primer tramo de escalera hasta situarse en la plataforma desde la que se accionan los mandos de las tolvas. Una vez en allí presionó el mando correspondiente al silo número 6 y comenzó la carga del camión. De repente y cuando no llevaba cargado ni 1/3 de la capacidad del volquete, el camión se puso en movimiento. El conductor XX1 dejó los mandos de carga y según un testigo le vio correr hacia el camión por el lado derecho del mismo con intención de subirse a él y poder detenerlo.

Unos momentos antes de que sucediera lo último indicado, un camión B, salió de la zona de carga del silo número 3. Cuando el camión había avanzado unos metros en dirección a la pista de salida, el conductor XX2 vio el camión A en movimiento hacia su camión, así como al conductor XX1 corriendo hacia el camión A por su parte derecha. Por el retrovisor el conductor XX2 vio que el camión A impactaba con el volquete de su camión por su banda izquierda. En ese momento el conductor XX2 frenó y detuvo el camión. Cuando esto ocurrió el camión A realizó un giro y se colocó en paralelo con el camión B. El camión A siguió desplazándose (la plaza tenía una ligera pendiente) hacia un talud donde se precipitó. Seguidamente el conductor XX2 bajó de su camión y se encontró al conductor XX1 tendido en el suelo habiendo sido atropellado por su propio camión (camión A).

- De la investigación del accidente se pudo comprobar que:

No se había llevado a cabo una evaluación de riesgos del proceso de carga de áridos en los silos; ni tampoco se había dado ninguna formación específica a los conductores.

A continuación se pueden observar varias figuras que recrean distintas situaciones en el tiempo que tuvieron lugar antes y después del accidente:

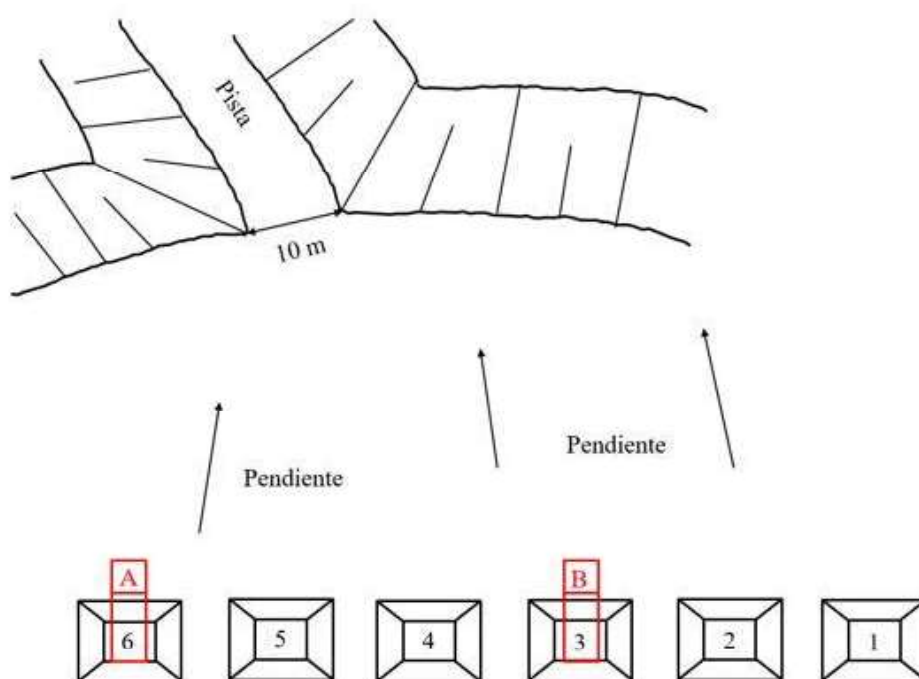


Figura 1. Situación 1

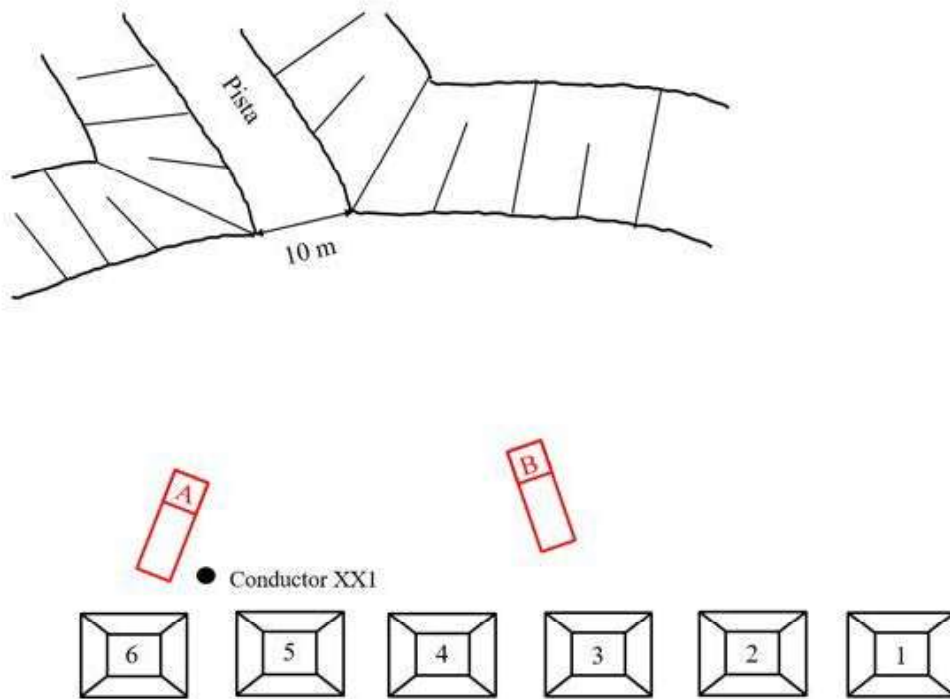


Figura 2. Situación 2

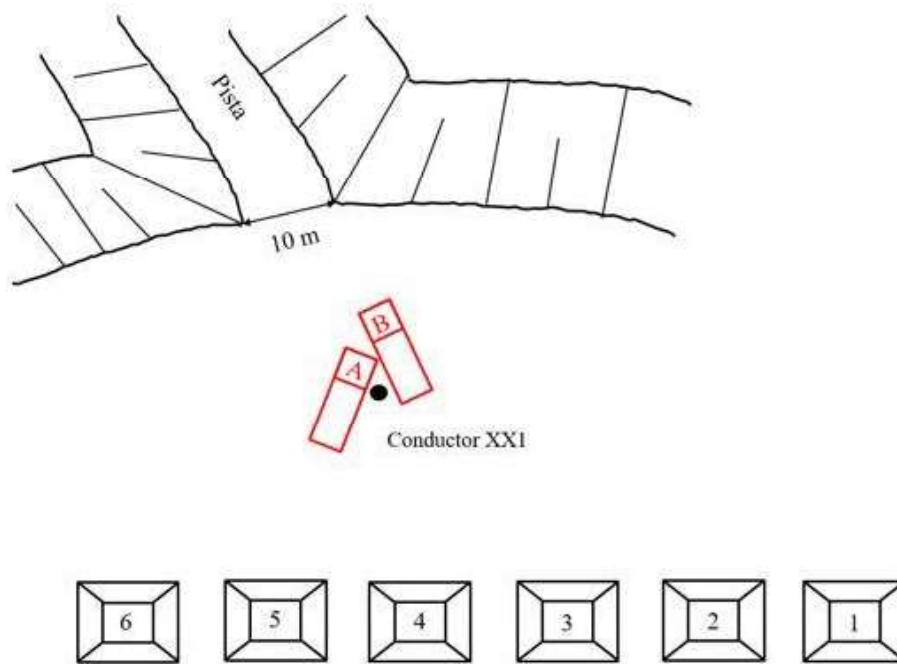


Figura 3. Situación 3

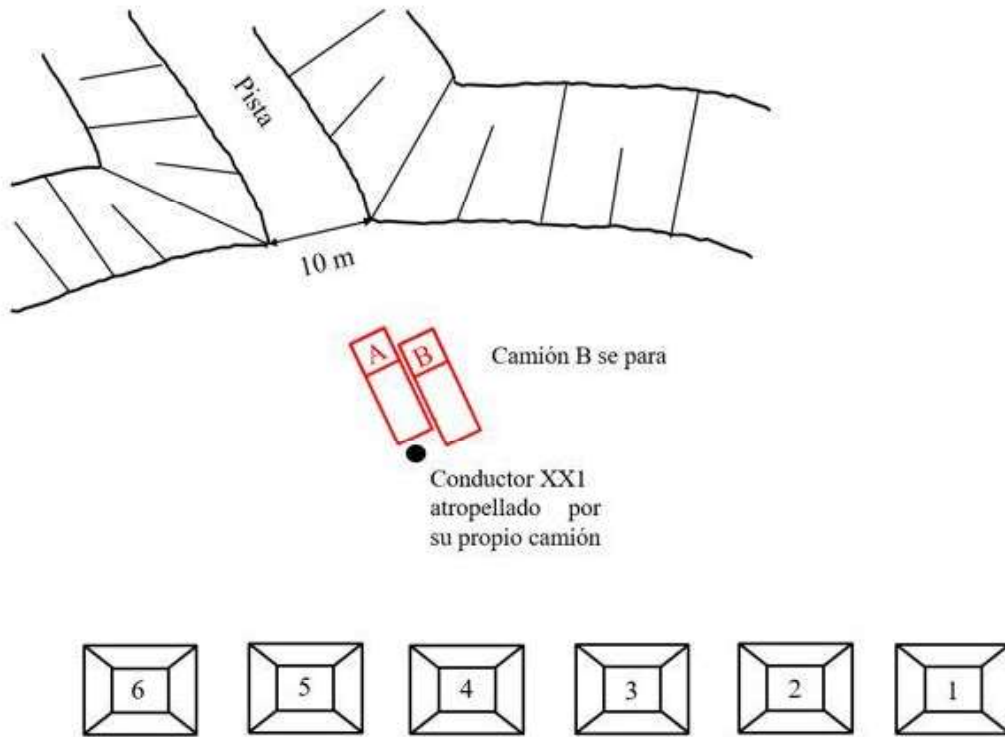


Figura 4. Situación 4

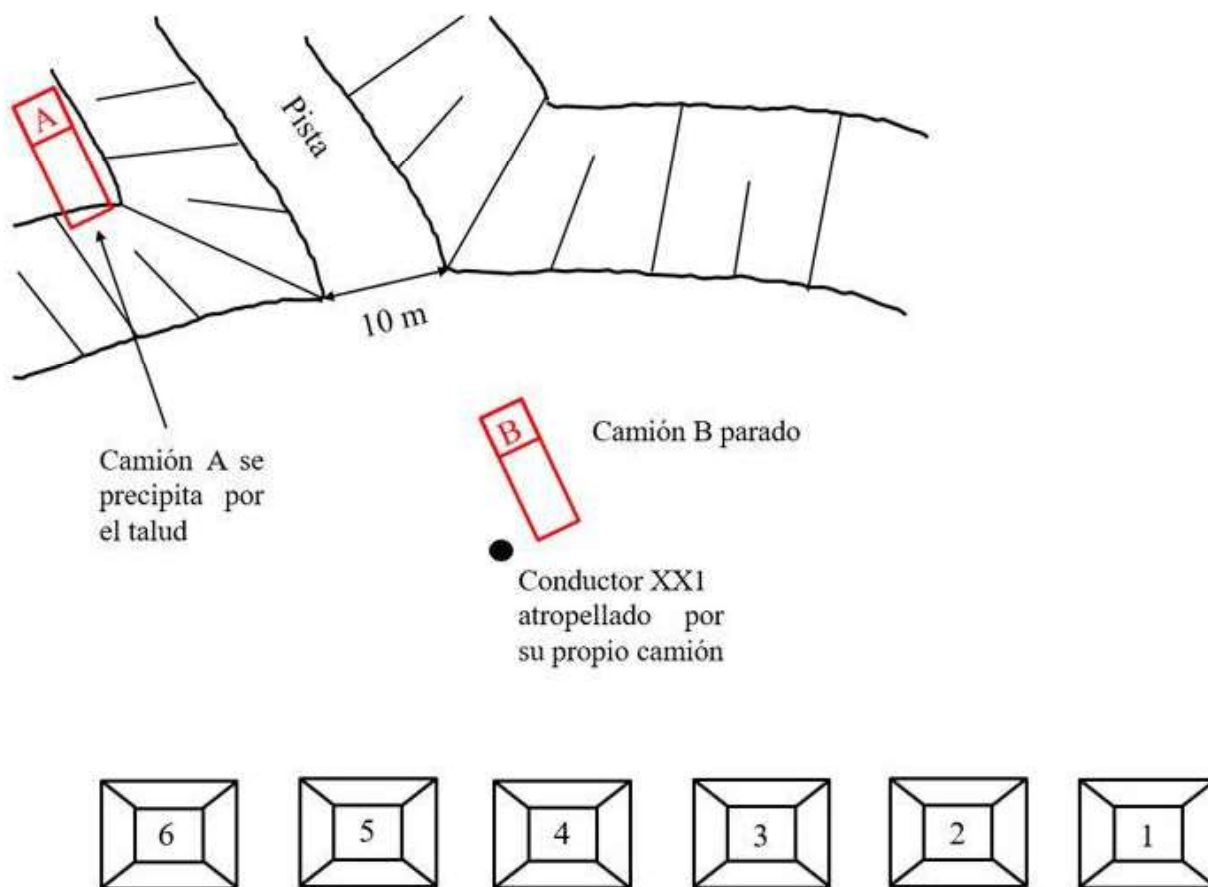


Figura 5. Situación 5

Tal como se ha comentado el análisis del accidente indicado se realiza por 2 métodos distintos: método del árbol de causas y método de Feyer & Williamson. A continuación se da una breve descripción de los mismos:

1. Método del árbol de causas: A partir de un caso real ya sucedido, el árbol causal representa gráficamente la concatenación de causas que han determinado el suceso último materializado en accidente. Es fundamental identificar adecuadamente todas las causas que han influido de una forma más o menos importante en la génesis del accidente. Con este método se va a usar la clasificación de causas y acontecimientos previos del accidente, utilizado por el Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Esta clasificación se basa en agrupar y separar estas causas o acontecimientos previos al accidente en:

Causas inmediatas:

Las 'causas inmediatas' de los accidentes, son las circunstancias que se presentan justo antes del contacto. Por lo general, son observables o se hacen sentir. Se suelen dividir en "actos inseguros" (o comportamientos que podrían dar paso a la ocurrencia de un accidente) y "condiciones inseguras" (o circunstancias que podrían dar paso a la ocurrencia de un accidente). Por lo tanto, los actos inseguros son principalmente atribuibles a los trabajadores; en cambio las condiciones inseguras, lo son de los responsables del lugar y equipos de trabajo (empresario, encargado o el propio trabajador) donde se presentan las circunstancias peligrosas.

Causas básicas:

Las causas básicas corresponden a las enfermedades o causas reales que se manifiestan detrás de los síntomas; a las razones por las cuales ocurren los actos y condiciones inseguras; a aquellos factores que, una vez identificados, permiten un control significativo. Esto se debe a que las causas inmediatas (los síntomas, los actos y condiciones inseguras) aparecen generalmente, como bastante evidentes, pero para llegar a las causas básicas y ser capaces de controlarlas, se requiere un poco más de investigación.

Las causas básicas se pueden clasificar en factores personales y factores de trabajo. Los factores personales acostumbran a provocar actos inseguros como causas inmediatas, y los factores de trabajo causas inmediatas del tipo condiciones inseguras.

1. Método de Feyer & Williamson (Feyer y Williamson, 1991) (Feyer y Williamson, 1997): Este sistema fue diseñado para permitir la codificación de una secuencia de hasta tres acontecimientos que precedieron al accidente grave o mortal. Éstos fueron llamados Acontecimientos Precedentes, abreviadamente PE1, PE2 y PE3. Estos acontecimientos son determinantes para que pueda darse el accidente. PE1 se refiere al primer suceso inmediatamente antes del accidente, PE2 es el suceso antes que el PE1, y el PE3 es el suceso antes de PE2. En este sistema de clasificación los acontecimientos o circunstancias previas al accidente se clasifican en uno de los cuatro grupos siguientes:

1. Acontecimientos ambientales: Se incluyen las condiciones del lugar de trabajo en donde se ha producido el accidente. Las condiciones inseguras que se dan en un lugar del trabajo influyen decisivamente en la génesis del accidente.
2. Acontecimientos de equipos de trabajo e instalaciones: Aquí se incluyen los acontecimientos relacionados con la utilización de equipos de trabajo y equipos de protección individual defectuosos o inadecuados en el momento del accidente, atribuible a un mal diseño del equipo o mantenimiento inadecuado o inexistente.
3. Acontecimientos médicos: Son los relacionados con el estado físico de la persona accidentada, por ejemplo: ataque al corazón, derrame cerebral, episodio diabético o epiléptico, etc.
4. Acontecimientos de comportamiento: Son los relacionados directamente con la implicación humana. Los acontecimientos de comportamiento, donde el factor humano es primordial, siempre dan lugar a errores en la ejecución del trabajo. Estos errores debidos a factores humanos se pueden clasificar según dos métodos. El primer método clasifica los errores en dos apartados:
 - Errores que puede tener lugar por Omisiones, cosas no hechas.
 - Errores que tienen lugar por Acciones, cosas hechas incorrectamente: el error humano se clasifica en 4 apartados según que el accidente haya sido provocado por: una mala habilidad o entrenamiento, errores basados en las reglas o normas, errores basados en el desconocimiento por carecer de la formación específica necesaria, y errores que en el momento del accidente son casuales y de origen desconocido.

Tal como se ha comentado, si uno de los acontecimientos identificados (PE1, PE2 o PE3) no se hubiera dado, entonces el accidente no se hubiera producido. En este método de clasificación de los accidentes de Feyer y Williamson, se identifican y clasifican también unos determinados factores casuales, que han influido en la realización de los accidentes pero que no han sido tan determinantes como los acontecimientos. No puede determinarse que la no existencia de un factor casual hubiera significado la no realización del accidente. Estos factores casuales se clasifican en ocho categorías posibles:

1. Ambiental: factores que vienen dados por las condiciones del lugar de trabajo que existen en el instante que se produce el accidente. (Suelo mojado, objetos que obstaculizan el trabajo...)
2. Equipo: los factores se asocian al diseño o al mantenimiento de la maquinaria, de las herramientas, del equipo de protección individual o de las protecciones de la máquina.
3. Práctica del trabajo: factores que implican los procedimientos a seguir para una buena realización del trabajo. La experiencia en análisis de accidentes indica que es el factor causal más importante. Engloba los siguientes casos: Uso incorrecto de equipos; Mantenimiento de equipos; EPI no usadas o uso incorrecto; EPI no suministrada; EPI no usada por razones no conocidas; Seguridad de equipos no usado o uso incorrecto; Seguridad de equipos no provista; Seguridad de equipos no usada por razones desconocidas; Procedimientos inseguros (responsables de prevención); Procedimientos inseguros (trabajadores); Procedimientos inseguros (origen desconocidos)
4. Supervisión: factores referentes al control o supervisión inadecuado de los trabajadores por parte del encargado.
5. Entrenamiento: factores referentes a la inexperiencia profesional de los trabajadores para la realización del trabajo que tienen que realizar, falta de entrenamiento, conocimientos,...
6. Error de la tarea: factores referentes al procedimiento incorrecto para la ejecución de la tarea laboral por parte del trabajador cuando hay un procedimiento de trabajo muy claro, que el trabajador conoce.

- 7. Médico: factores que influyen en la salud del trabajador en el instante antes del siniestro.
- 8. Otros: factores tales como la implicación de alcohol/drogas.

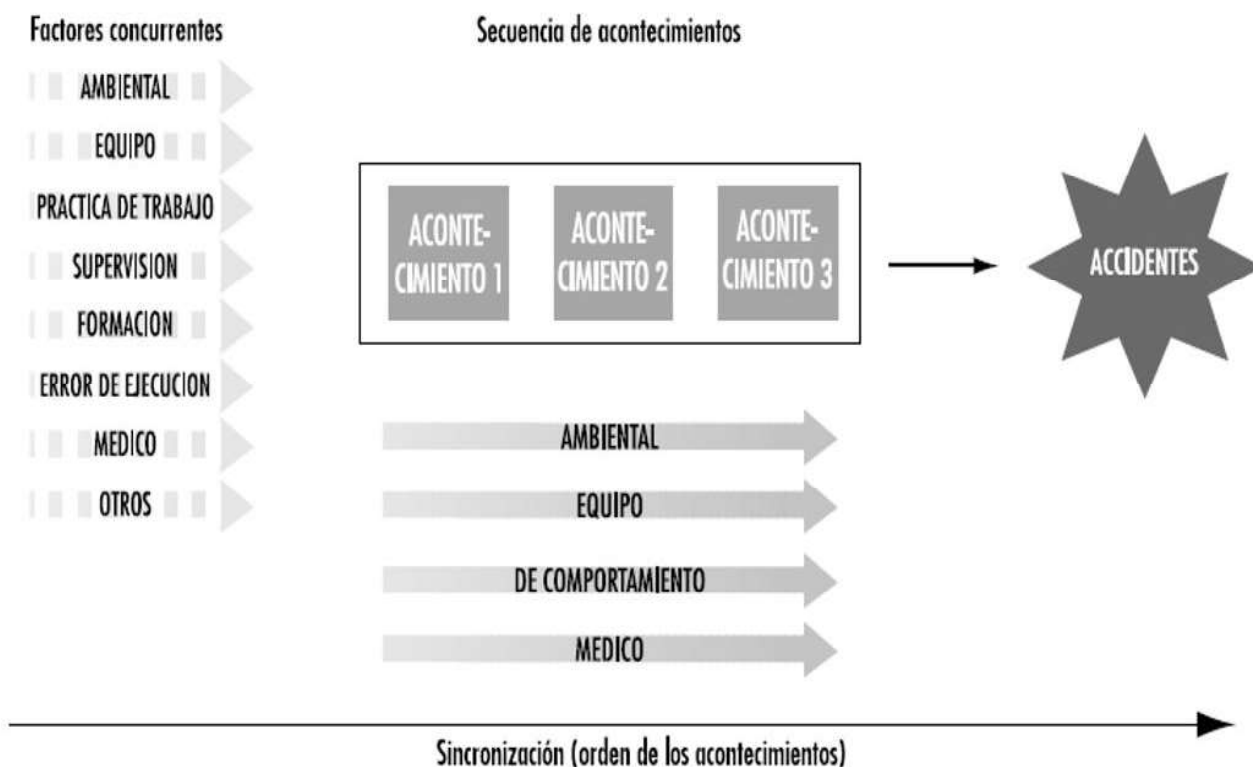


Figura 6. Secuencia de acontecimientos en los accidentes

Fuente: Enciclopedia OIT: Capítulo 56. Prevención de accidentes.

Cabe indicar que todo accidente laboral puede constar de 1, 2 o 3 acontecimientos, así como de uno o varios de los 8 factores que contribuyen a la siniestralidad laboral. A medida que aumenta el número de acontecimientos disminuye el número de accidentes con esos eventos. Así en el estudio de 212 graves y mortales accidentes acaecidos en la minería de Catalunya entre los años 1982 y 2006 (Sanmiquel et al, 2010), se vio lo siguiente:

- En el 99,5% se produjo un primer evento (PE1).
- En el 46,7% se produjo un segundo evento (PE2).
- En el 9,0% de los accidentes hubo un tercer evento (PE3).
- En el 0,5% de los accidentes no se identificó ningún evento precursor del mismo.

Cabe indicar también que en el método de Feyer & Williamson si un hecho se clasifica como evento o acontecimiento, este mismo hecho no puede aparecer como factor causal, y viceversa.

RESULTADOS

En la figura 7 se representa el árbol de causas que se han identificado a raíz de la investigación de este accidente. Se puede observar como a partir de la materialización del accidente por atropello de un trabajador por su propio camión, se van identificando distintas causas o desviaciones que han dado y han sido más o menos decisivas en la génesis del accidente.

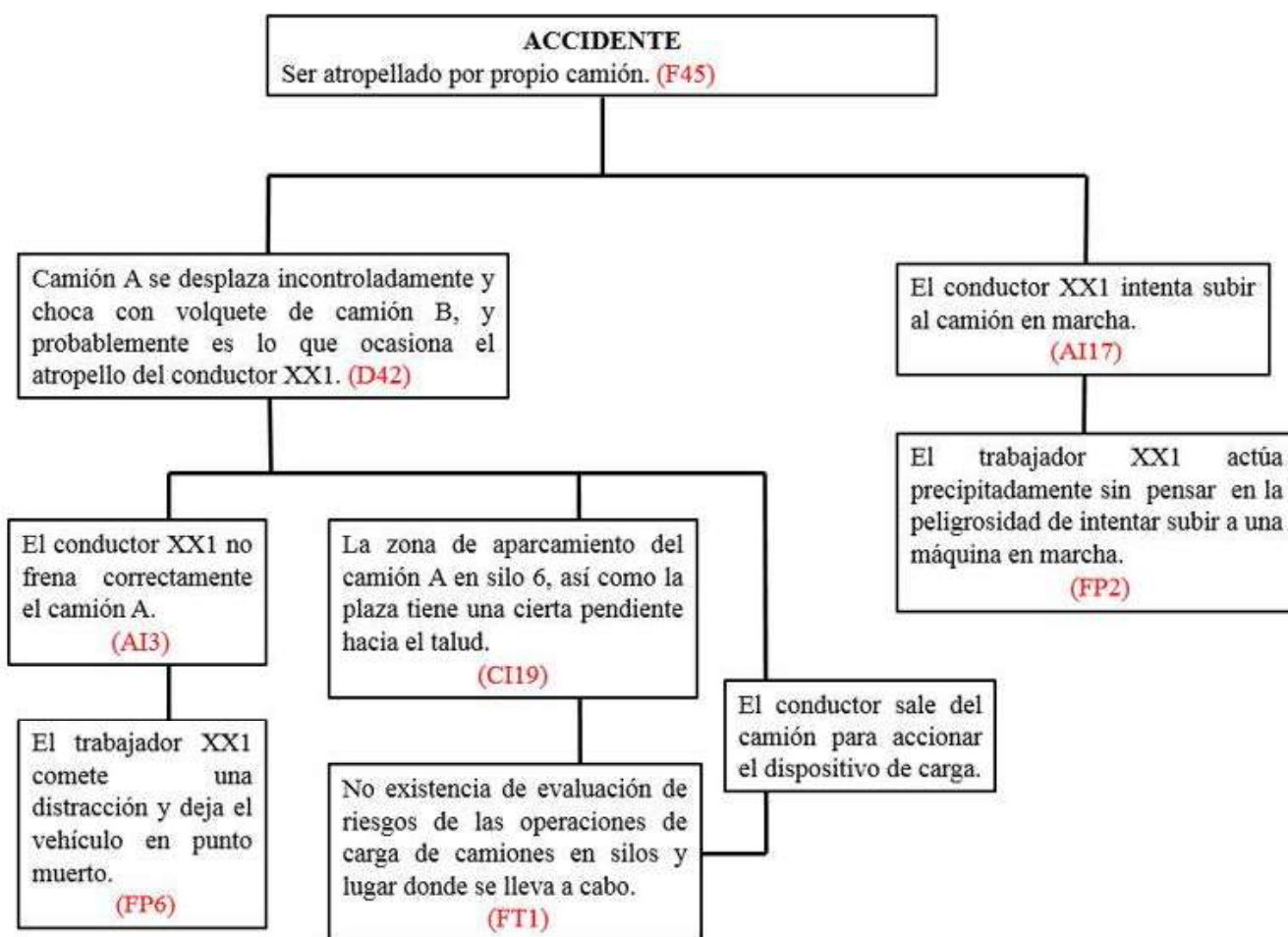


Figura 7. Resultados investigación por el método del Árbol de Causas

F45: Forma de accidente 45 que viene dado por una colisión del trabajador que se accidenta estando en movimiento con un objeto, vehículo o persona.

AI17: Acto inseguro 17 que viene dado porque el trabajador accidentado se pone en el radio de acción de una máquina móvil o intenta subir a una máquina móvil en marcha.

D42: Desviación 42 que viene dada por la pérdida (total o parcial) de control por parte del trabajador accidentado, del medio de transporte de equipo de carga, con motor o sin él.

AI3: Acto inseguro 3 que viene dado porque el trabajador falla al no asegurar adecuadamente.

CI19: Condición insegura 19 que puede venir dada por diversas causas atribuibles a las condiciones del lugar del trabajo.

FP2: Factor personal 2 que viene dado por la falta de conocimiento del trabajador accidentado.

FP6: Factor personal 6 que viene dado porque hay evidencias de que el trabajador accidentado ha actuado por rutina, distracción, comodidad, etc.

FT1: Factor de trabajo 1 que viene dado porque en la empresa ha habido un liderazgo y supervisión insuficientes.

En la figura 8 se puede observar un esquema de los acontecimientos o eventos identificados como fundamentales para la materialización del accidente, según la clasificación y estructuración de causas y hechos sucedidos antes del accidente de Feyer & Williamson. Puede observarse, como a partir de la investigación del accidente se han identificado 3 eventos o acontecimientos: un primer evento accedido justo antes del accidente de tipo de comportamiento (AC1), un segundo evento que afecta antes del primer evento, de tipo ambiental (AA2) y finalmente un tercer evento, que afecta antes del segundo, atribuible al comportamiento del trabajador (AC3).

Así mismo, se ha podido clasificar los 2 acontecimientos de comportamiento en de acción el primero (AC1) y de omisión el segundo (AC3). También se ha identificado un factor causal 4 (FACT4) que puede haber influido en la génesis y materialización del accidente.

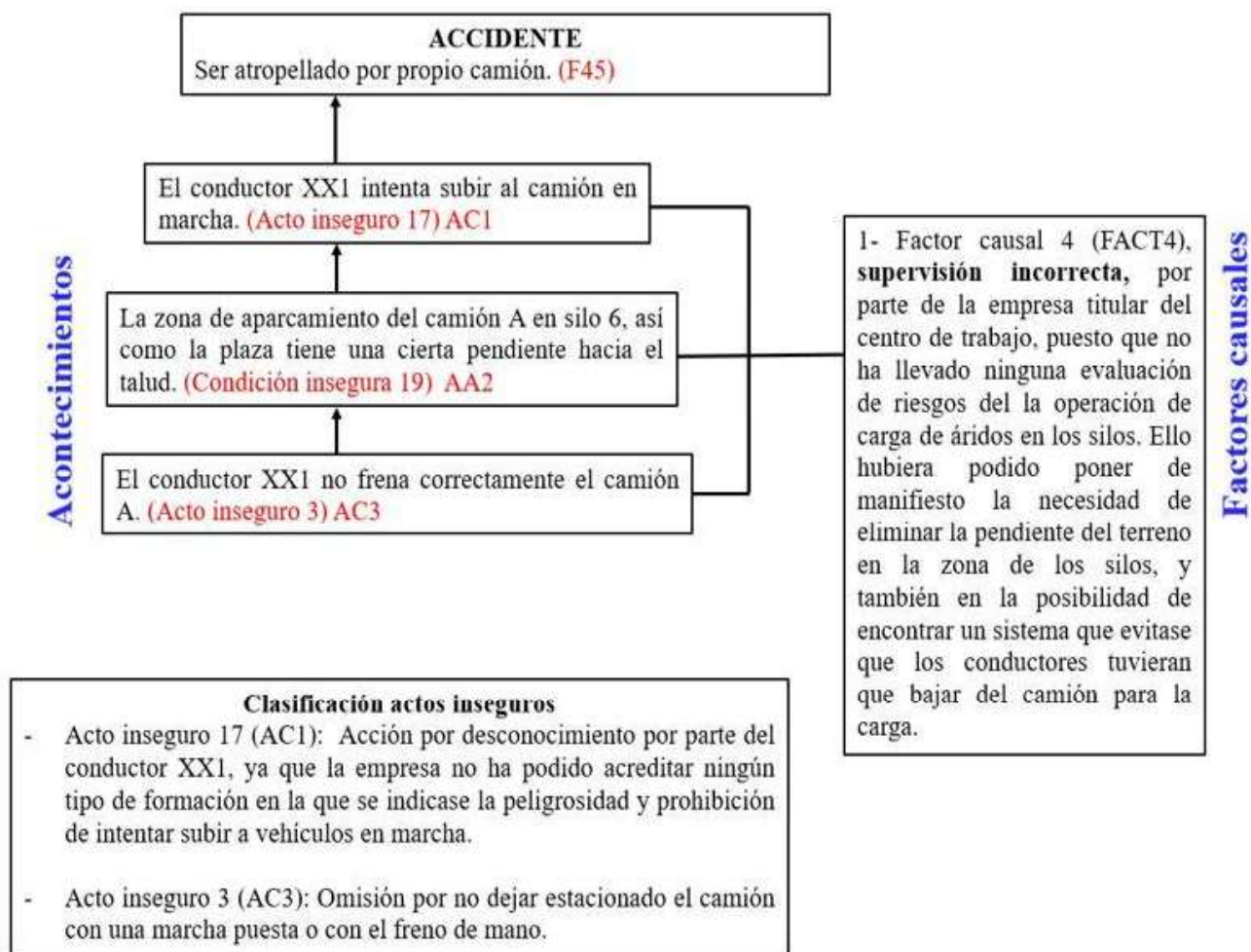


Figura 8. Resultados investigación por el método de Feyer & Williamson

A partir de la investigación del accidente descrito, se propusieron las siguientes medidas preventivas:

- Eliminar la pendiente en la zona de carga de camiones.
- Estudiar la posibilidad de un sistema que no haga necesario el descenso de los conductores de los vehículos.
- Dar formación a los conductores, resaltando la peligrosidad y prohibición de intentar subir a vehículos en marcha.

CONCLUSIONES

Se puede comprobar que las 2 metodologías de clasificación de hechos, desviaciones y causas que han tenido lugar antes del accidente, y que han sido determinantes en su materialización; son sensiblemente distintas. A pesar de que en los 2 métodos se realiza una ordenación temporal de los hechos causales del accidente, existen diferencias significativas tales como:

- El método de Feyer & Williamson, permite una clasificación de hechos, causas, características de estas causas, etc, así como una recopilación informática de los mismos; superior y más profunda que el método del árbol de causas. Se pueden clasificar y recopilar informáticamente eventos o acontecimientos, características de los eventos de comportamiento, factores causales, así como características y tipos de estos factores causales. Fue diseñado por Feyer & Williamson en Australia para recopilar en bases digitales de accidentes laborales, gran cantidad de accidentes, y poder hacer la a partir de las mismas, una explotación estadística de los datos de cara a deducir características y propiedades comunes de distintas clases de accidentes.
- El método de árbol de causas no está preparado para permitir una recopilación informática de accidentes. Se trata de un método gráfico que no es compatible con un almacenamiento informático. Es muy utilizado en una investigación de un determinado accidente porque permite un desarrollo muy libre del gráfico en función de cada investigador, respetando el ordenamiento temporal de las causas y desviaciones, así como en la clasificación de las mismas en actos y condiciones inseguras (causas inmediatas), así como en factores personales y de trabajo (causas básicas). De hecho cada rama que aparece en el gráfico con una causa inmediata, debería finalizar con una causa básica (ello sucede en el árbol causal de la figura 7).

AGRADECIMIENTOS

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a la Cátedra empresa ICL en Minería Sostenible por el soporte económico para la realización y difusión de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EUROSTAT. (2019). <https://ec.europa.eu/eurostat/web/health/data/database>.
- Feyer, A. -M., & Williamson, A. -M. (1997). The involvement of human behavior in occupational accidents : Errors in context, *Safety Science*, 25(1-3), 55-66.
- Feyer, A.-M., Williamson, A. (1991). A classification system for causes of occupational accidents for use in preventive strategies. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, 17, 302-311.
- Gyekye, S.A. (2003). Causal attributions of Ghanaian industrial workers for accident occurrence: Miners and non-miners perspective, *Journal of Safety Research*, 34(5), 533-538.
- Hämäläinen, P., Takala, J., Leena, K. (2006). Global estimates of occupational accidents. *Safety Science*, 44,137-156.
- Hull, B.P., Leigh, J., Driscoll, T.R., Mandryk, J. (2006). Factors associated with occupational injury severity in the New South Wales underground coal mining industry, *Safety Science*, 21 (3), 191-204.
- Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social (2019). Estadísticas de accidentes de trabajo 2016. Madrid. <http://www.mitramiss.gob.es/estadisticas/eat/welcome.htm>.
- Mitchell, R.J., Driscoll, T.R. & Harrison, J.E. (1998).Traumatic work-related fatalities involving mining in Australia, *Safety Science* 29(2), 107-123.
- Organización Internacional del Trabajo. (2003). La seguridad en cifras. Ginebra.
- Organización Internacional del Trabajo. (2019). <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--es/ind...>
- Piqué, T. (1991). NTP 274: Investigación de accidentes: árbol de causas. Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el trabajo. Madrid.
- Sanmiquel, L., Bascompta, M., Rossell, J.M.,Anticoi, H.F., Guash, E. (2018). Analysis of Occupational Accidents in Underground and Surface Mining in Spain Using Data-Mining Techniques, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15, núm. 3, (462), 1-11.

Sanmiquel, L., Freijo, M., Edo, J., Rossell, J.M. (2010). Analysis of work related accidents in the Spanish mining sector from 1982-2006, Journal of safety research 41(1), 1-11.