

UNIVERSIDAD DE JAÉN
**FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
Y JURÍDICAS**
**DEPARTAMENTO DE DERECHO
PÚBLICO Y DERECHO PRIVADO
ESPECIAL**

TESIS DOCTORAL
**GESTIÓN DE RIESGOS EMERGENTES EN
TALLERES DE AUTOMOCIÓN**

**PRESENTADA POR:
ANTONIO LÓPEZ ARQUILLOS**

**DIRIGIDA POR:
DR. D. ANTONIO ÁLVAREZ MONTERO
DR. D. JUAN CARLOS RUBIO ROMERO**

JAÉN, 16 DE SEPTIEMBRE DE 2016

ISBN 978-84-16819-84-3

**PRESENTADA POR:
ANTONIO LÓPEZ ARQUILLOS**

**DIRIGIDA POR:
JUAN CARLOS RUBIO ROMERO
ANTONIO ÁLVAREZ MONTERO**

JAÉN, FECHA

ISBN

A mis seres queridos

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	9
PUBLICACIONES QUE AVALAN LA CALIDAD DE LA TESIS DOCTORAL	10
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	15
1.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES LEGALES BÁSICAS	17
1.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y LABORAL DEL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN	21
1.4 PRL EN EL SECTOR DE LOS TALLERES DE AUTOMOCIÓN	23
1.5 MOTIVACIÓN	26
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍAS	27
2.1 ESTADO ACTUAL DE LA SEGURIDAD LABORAL EN LOS TALLERES DE AUTOMOCIÓN	27
2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS EMERGENTES	29
3. RESUMEN Y DISCUSIÓN GLOBAL DE LOS RESULTADOS	31
4. CONCLUSIONES FINALES	37
5. BIBLIOGRAFÍA	39
6. PUBLICACIONES	47
6.1 PUBLICACIÓN I	47
Comparative Risk Assessment of Vehicle Maintenance Activities: Hybrid, Battery Electric, and Hydrogen Fuel Cell Cars. (International Journal of Industrial Ergonomics).....	47
6.2 PUBLICACIÓN II	57
Analysis of workplace accidents in automotive repair workshops in Spain. (Safety and Health at Work). In Press	57
6.3 PUBLICACIÓN III	65
Occupational risk activities in automobile repair workers (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2013).	65
6.4 PUBLICACIÓN IV	71
Severity of accidents in automobile repair workshops (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2014).	71
6.5 PUBLICACIÓN V	77
Risk of occupational burns in automotive repair workshops (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2015).	77
6.6 PUBLICACIÓN VI	83
Marco normativo de la prevención en el mercado del vehículo eléctrico (ORP 2013).....	83
ANEXOS	93
ANEXO A- CUESTIONARIO	93

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecer su apoyo, dedicación y cariño a mis dos directores de tesis, Dr.D Juan Carlos Rubio Romero, y Dr.D Antonio Alvarez Montero.

En momentos llenos de incertidumbre y de escasas oportunidades laborales, me disteis el empuje y la oportunidad de seguir trabajando, para el día de mañana poder alcanzar un futuro mejor. Gracias por todo ese tiempo dedicado a mi formación tanto académica como humana.

No quisiera dejar pasar estas líneas sin manifestar mi más profundo afecto por mis padres Antonio y María del Carmen, y por mis hermanos Concha y Jose, que desde muy pequeño, me enseñaron a que con la verdad, la constancia y el trabajo bien hecho se puede llegar a donde uno se proponga.

Me dejo para el final las dos personas más importantes, mi esposa Mari Carmen y mi hijo, de las cuales no dejo de aprender y admirar todos los días de mi vida.

PUBLICACIONES QUE AVALAN LA CALIDAD DE LA TESIS DOCTORAL

La presente tesis doctoral se basa en diferentes publicaciones de carácter científico. Las razones de la elaboración de publicaciones durante el desarrollo de esta tesis son las siguientes:

- Aunque el sector de los talleres de automoción es un sector peligroso, el número de publicaciones científicas enfocadas en la prevención de riesgos laborales en talleres es muy limitada si lo comparamos con otros sectores como la construcción o la industria química.
- Una publicación supone poner en conocimiento de la comunidad científica los resultados obtenidos, de un modo ágil y rápido manteniendo la originalidad y actualidad del tema. Del mismo modo se garantiza la calidad y originalidad del tema.
- Todas las publicaciones incluidas en la tesis doctoral han sido sometidas a exhaustivos procesos de revisión por pares ciegos tanto en revistas de impacto incluidas en el Journal Citation Report (JCR), así como Scimago Journal Ranking (SJR), y en congresos internacionales de reconocido prestigio a nivel mundial, hecho que garantiza la calidad y originalidad de las citadas aportaciones.

El candidato a Doctor ha contribuido a cada una de las aportaciones llevando a cabo las siguientes tareas:

- Revisando la literatura existente sobre el tema
- Estableciendo los objetivos de las publicaciones
- Determinando las metodologías más adecuadas para cada una de las aportaciones
- Obteniendo resultados conforme las metodologías propuestas
- Desarrollando cuestionarios científicos
- Elaborando tablas y figuras
- Buscando y seleccionando expertos relacionados con la temática de estudio
- Analizando resultados
- Extrayendo conclusiones
- Redactando las publicaciones en su primera versión

Los directores han contribuido diseñando el trabajo de investigación, planificando y controlando, así como revisando continuamente cada una de las tareas del candidato durante la elaboración de cada una de las publicaciones

ARTÍCULOS EN REVISTAS CIENTÍFICAS INCLUIDAS EN EL JOURNAL CITATION REPORT (JCR).

- I- Comparative Risk Assessment of Vehicle Maintenance Activities: Hybrid, Battery Electric, and Hydrogen Fuel Cell Cars. (International Journal of Industrial Ergonomics).

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814115000384>

Estado: ACEPTADO, PUBLICADO

ARTÍCULOS EN REVISTAS CIENTÍFICAS INCLUIDAS EN EL SCIMAGO JOURNAL RANKING (SJR).

- II- Analysis of workplace accidents in automotive repair workshops in Spain.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2093791116000056>

Estado: ACEPTADO, IN PRESS

COMUNICACIONES EN CONGRESOS INTERNACIONALES INCLUIDAS EN EL CONFERENCE PROCEEDINGS INDEX DE LA WEB OF SCIENCE

- III- Occupational risk activities in automobile repair workers (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2013).

Occupational risk activities in automobile repair workers

Por: Lopez-Arquillos, Antonio; Carlos Rubio-Romero, Juan; Suarez-Cebador, Manuel; et ál..

Editado por: Arezes, P; Baptista, JS; Barroso, MP; et ál..

Conferencia: 9th International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO) Ubicación: Guimaraes, PORTUGAL Fecha: FEB 14-15, 2013

Patrocinador(es): Portuguese SocOccupat Safety &Hyg; Univ Porto, FacEngn; FacMotricidade Humana; UnivPolitecnicaCatalunya; TU Delft; Univ Minho, SchEngn; European Network Safety &Hlth Profess Org; Int Social SecurAssoc; Latin AmerAssoc Work Safety Engn; Brazilian Soc Safety Engn; Spanish Ergon Assoc; AsociacEspecialistasPrevenç&SaludLaboral; Galician SocOccupat Risk Prevent; BrazalianAssoc Civil Engineers; Brazilian Assoc Ergon; Brazilian AssocOccupatHyg; Brazilian Assoc Prod Engn

OCCUPATIONAL SAFETY AND HYGIENE - SHO2013 Páginas: 285-286 Fecha de publicación: 2013

Estado: ACEPTADO

IV- Severity of accidents in automobile repair workshops (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2014).

Severity of accidents in automobile repair workshops Por: Lopez-Arquillos, Antonio; Carlos Rubio-Romero, Juan; Carrillo-Castrillo, Jesús.

Editado por: Arezes, P; Baptista, JS; Barroso, MP; et ál..

Conferencia: 10th International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO) Ubicación: Guimaraes, PORTUGAL Fecha: FEB 13-14, 2013

Patrocinador(es): Portuguese SocOccupat Safety &Hyg; Univ Porto, FacEngn; FacMotricidade Humana; UnivPolitecnicaCatalunya; TU Delft; Univ Minho, SchEngn; European Network Safety &Hlth Profess Org; Int Social SecurAssoc; Latin AmerAssoc Work Safety Engn; Brazilian Soc Safety Engn; Spanish Ergon Assoc; AsociacEspecialistasPrevenç&SaludLaboral; Galician SocOccupat Risk Prevent; BrazalianAssoc Civil Engineers; Brazilian Assoc Ergon; Brazilian AssocOccupatHyg; Brazilian Assoc Prod Engn

OCCUPATIONAL SAFETY AND HYGIENE II - SHO2014 Páginas: 185-186 Fecha de publicación: 2014

Estado: ACEPTADO

V- Risk of occupational burns in automotive repair workshops (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2015).

Por: Lopez-Arquillos, Antonio; Carlos Rubio-Romero, Juan; Carrillo-Castrillo, Jesús et ál..

Editado por: Arezes, P; Baptista, JS; Barroso, MP; et ál..

Conferencia: 11th International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO) Ubicación: Guimaraes, PORTUGAL Fecha: FEB 12-13, 2015

Patrocinador(es): Portuguese SocOccupat Safety &Hyg; Univ Porto, FacEngn; FacMotricidade Humana; UnivPolitecnicaCatalunya; TU Delft; Univ Minho, SchEngn; European Network Safety &Hlth Profess Org; Int Social SecurAssoc; Latin AmerAssoc Work Safety Engn; Brazilian Soc Safety Engn; Spanish Ergon Assoc; AsociacEspecialistasPrevenç&SaludLaboral; Galician SocOccupat Risk

Prevent; Brazilian Assoc Civil Engineers; Brazilian Assoc Ergon; Brazilian AssocOccupathHyg; Brazilian Assoc Prod Engr

OCCUPATIONAL SAFETY AND HYGIENE III- SHO2015 Páginas: 182-183 Fecha de publicación: 2015

Estado: ACEPTADO

COMUNICACIONES EN CONGRESOS INTERNACIONALES

VI- Marco normativo de la prevención en el mercado del vehículo eléctrico (ORP 2013).

Por: Antonio López Arquillos; Juan Carlos Rubio Romero; Manuel Suarez Cebador.

Conferencia: 11 International Conference Occupational Risk Prevention ORP 2012

Ciudad: Chile. País: Chile

Fecha: 03/04/2013- 05/04/2013

Organizador: Asociación Chilena de Seguridad

Estado: ACEPTADO

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Las lesiones por accidente de trabajo son una prioridad pública en España. Por este motivo se han desarrollado numerosas investigaciones al respecto en nuestro país en los que se han estudiado diferentes aspectos como son las causas de los accidentes (Mainar & Gómez, 2009), las tendencias temporales de las lesiones mortales por accidente de trabajo en todos los sectores (Benavides et al, 2003), los riesgos de lesión por accidente laboral en trabajadores extranjeros (Benavides et al, 2008), o las condiciones de trabajo de trabajadores procedentes de otros países (Ronda et al, 2014).

Los accidentes laborales se encuentran ligados a multitud de costes (económico, humano, organizacional, financiero, etc). La mayoría de esos costes no son cuantificables por ser indirectos o estar ocultos tras otros factores (Betastren-Belloví, 2001). Sin embargo, su impacto negativo en las empresas, los trabajadores, y la sociedad en su conjunto no puede ser negado (Heinrich, 1959, Bird, 1975).

La preocupación por los daños sufridos por los trabajadores no es ni mucho menos un hecho novedoso en la historia de la humanidad. Desde que el hombre trabaja para sobrevivir es consciente de que existen riesgos ligados al trabajo y trata de estar protegido frente a los daños que pudiese sufrir. En documentos tan antiguos como el Código de Hammurabi, o el Deuteronomio se citan una serie de medidas para evitar daños en las personas por causa del trabajo. Hombres de ciencia como Galeno e Hipócrates estudiaron enfermedades producidas por el plomo (Rubio-Romero, 2004).

Debido a los nuevos riesgos introducidos por la revolución industrial, se crearon nuevos textos legales para proteger a los trabajadores expuestos a un gran número de peligros en las nuevas fábricas del momento. En nuestro país se dictaron normas como la Ley de accidentes de trabajo (1900) que supusieron el inicio de la normativa social moderna en España. En el año 1971 se aprobó la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y se creó el Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, que derivó años más tarde en la creación del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Con

la aprobación en el año 1995 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, se da comienzo al estado normativo actual de la Seguridad y la Salud en el Trabajo. A raíz de esta ley surgieron multitud de reglamentos y reales decretos que la desarrollaron, tales como el Reglamento de los Servicios de Prevención RD 39/1997, o el RD 171/2004 acerca de la coordinación de actividades empresariales. Sin embargo el origen de los principios en los que se basa la actual Ley 31/1995 debemos buscarlo más allá de nuestras fronteras.

En primer lugar, en el ámbito Internacional destaca el Convenio 155 de la OIT sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo. En segundo lugar, a nivel europeo, el acta única europea de 1986 en su artículo 118 A insta a los estados miembros a que promuevan la mejora del “medio de trabajo”, con el fin de “proteger la seguridad y la salud de los trabajadores”. En base a este artículo, se desarrolla la Directiva Marco 89/391, en la que deben basarse, tanto las Directivas sobre cuestiones específicas que se aprueben posteriormente, como la legislación interna de todos los países comunitarios en cuanto a seguridad y salud laboral. A nivel estatal, la constitución española en su artículo 40.2 encomienda a los poderes públicos, como uno de los principios rectores de la política social y económica, velar por la seguridad e higiene en el trabajo. Por todo lo anteriormente expuesto, con el objeto de cumplir lo establecido en la constitución y transponer al ordenamiento jurídico español la Directiva Marco 89/391 se promulga la citada Ley 31/1995.

A pesar de los avances legales y normativos, las cifras de siniestralidad laboral parecen indicar que los niveles de aplicación tanto de la Ley 31/1995 como de todas aquellas disposiciones legales que la desarrollan o complementan no son los más idóneos, existiendo por tanto un margen de mejora en este sentido. Estos niveles de aplicación mejorables, se ponen especialmente de manifiesto en empresas con estructuras pequeñas y recursos escasos como son las pequeñas y medianas empresas. En este sentido tanto el nuevo Marco Estratégico Europeo de SST 2014-2020 como la Estrategia Española de la Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020 señalan la necesidad de mejorar la prevención en todas las empresas pero muy especialmente en las pymes. El citado marco estratégico europeo determina los principales objetivos estratégicos de los países e identifica tres retos claves de futuro respecto a la seguridad y salud laboral en el ámbito de la Unión Europea. Entre los retos planteados se incluye la mejora de la reglamentación existente, en

especialen lo que se refiere a la PYME, junto con otros dos desafíos no menos importantes como son la mejora de la prevención de enfermedades relacionadas con el trabajo, y tener en cuenta el desafío del envejecimiento de la población activa europea.

Por su parte, la estrategia española, en su diagnóstico de la seguridad y salud laboral en España señala como prioritarios los programas de actuación en esta materia centrados en las pymes ya que considera que la mayor prevalencia de los accidentes de trabajo en este tipo de empresas se deben tanto a una menor concienciación sobre la importancia de la prevención, como al mayor desconocimiento de la normativa legal exigible, junto con la ya mencionada escasez de recursos humanos y materiales en materia de PRL. Para dar solución a la siniestralidad en pymes, la estrategia propone diferentes líneas de actuación concretas como son: el desarrollo de instrumentos que faciliten la gestión preventiva, promover la integración de la prevención en pymes y microempresas, y desarrollar y difundir instrumentos facilitadores de la coordinación de actividades empresariales.

El porcentaje de pymes sobre el número total de empresas en España supera el 90 % según cifras oficiales (INE, 2015). Si esta gran presencia en el tejido productivo nacional, la unimos a las carencias y aspectos de mejora en cuanto a la prevención de riesgos laborales resulta más que justificado y de plena actualidad, el hecho de que la presente tesis se centre en la mejora de las condiciones de prevención en un tipo de empresa generalmente de reducido tamaño como son los talleres de automoción.

1.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES LEGALES BÁSICAS

Una vez descritos los orígenes de la prevención de riesgos laborales, se procedió a citar los conceptos legales básicos en los que se basa el presente trabajo de investigación. Resulta imposible enumerar uno a uno todos aquellos conceptos o aspectos legales que han influido en el desarrollo del presente trabajo, pero queremos destacar los principales pilares en los que se ha fundamentado esta investigación, estos conceptos son:

- Prevención
- Riesgo Laboral
- Accidente de trabajo
- Evaluación de riesgos

Prevención

La citada ley 31/1995 de PRL define la prevención en su artículo 4º como:

“el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo”

Riesgo laboral

En ese mismo artículo se define también riesgo laboral grave e inminente entendiéndose como tal:

“aquel que resulte probable racionalmente que se materialice en un futuro inmediato y pueda suponer un daño grave para la salud de los trabajadores. En el caso de exposiciones a agentes susceptibles de causar daños graves a la salud de los trabajadores, se considerará que existe un riesgo grave e inminente cuando sea probable racionalmente que se materialice en un futuro inmediato una exposición a dichos ambientes de la que puedan derivarse daños graves a la salud, aún cuando estos no se manifiesten de forma inmediata.”

Accidente de trabajo

Otro concepto muy utilizado a lo largo del presente estudio fue el de accidente de trabajo. En este sentido la Ley General de la Seguridad Social, define al accidente de trabajo, en su artículo 115 de la siguiente manera:

1. *Se entiende por accidente de trabajo toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena.*
2. *Tendrán consideración de accidente de trabajo:*
 - a) *Los que sufra el trabajador al ir o al volver del lugar de trabajo.*
 - b) *Los que sufra el trabajador con ocasión o como consecuencia del desempeño de cargos electivos de carácter sindical o de gobierno de las Entidades Gestoras, así como los ocurridos al ir o al volver del lugar en que se ejecuten las funciones propias de dicho cargo.*
 - c) *Los ocurridos con ocasión o por consecuencia de las tareas que, aún siendo distintas a las de su categoría profesional ejecute el trabajador en cumplimiento de las*

órdenes del empresario o espontáneamente en interés del buen funcionamiento de la empresa.

d) Los acaecidos en actos de salvamento y en otros de naturaleza análoga, cuando unos y otros tengan conexión con el trabajo.

e) Las enfermedades no incluidas en el artículo siguiente que contraiga el trabajador con motivo de la realización de su trabajo, siempre que se pruebe que la enfermedad tuvo por causa exclusiva la ejecución del mismo.

f) Las enfermedades o defectos padecidos con anterioridad por el trabajador, que se agraven como consecuencia de la lesión constitutiva del accidente.

g) Las consecuencias del accidente que resulten modificadas en su naturaleza, duración, gravedad o terminación, por enfermedades intercurrentes, que constituyan complicaciones derivadas del proceso patológico determinado por el accidente mismo o tenga su origen en afecciones adquiridas en el nuevo medio en que se haya situado el paciente para su curación.

3. Se presumirá salvo prueba en contrario, que son constitutiva de accidente de trabajo las lesiones que sufra el trabajador durante el tiempo y el lugar de trabajo.

4. No obstante, de lo establecido en los números anteriores no tendrán la consideración de accidente de trabajo:

a) Los que sean debidos a fuerza mayor extraña al trabajo, entendiéndose por ésta, la que sea de tal naturaleza que ninguna relación guarde con el trabajo que se ejecutaba al ocurrir el accidente. En ningún caso se considerará fuerza mayor extraña al trabajo la insolación, el rayo y otros fenómenos análogos de la naturaleza.

b) Los que sean debidos a dolo o a imprudencia temeraria del trabajador accidentado.

5. No impedirán la calificación de un accidente como de trabajo:

a) La imprudencia profesional que es consecuencia del ejercicio habitual de un trabajo y se deriva de la confianza que éste inspira.

b) La concurrencia de culpabilidad civil o criminal del empresario, de un compañero de trabajo del accidentado o de un tercero, salvo que no guarde relación alguna con el trabajo.”

Otra posible definición desde el punto de vista preventivo lo encontramos en autores como Rubio-Romero y otros (2002) que desde el punto de vista preventivo podríamos definir accidente de trabajo como cualquier suceso no deseado que, con ocasión o como consecuencia del trabajo, interrumpa el proceso normal de la actividad, de forma súbita y

como consecuencia, tenga o hubiera podido ocasionar daños a las cosas y/o lesiones a las personas.

Según el citado autor el origen de los accidentes de trabajo tenemos que buscarlo a nivel humano y a nivel técnico. En el momento que se producen acciones peligrosas y/o aparecen fallos técnicos, decimos que nos encontramos ante una situación de riesgo.

De esta situación de riesgo podría derivarse el suceso no deseado, que hemos definido como accidente. Si este suceso no produjese lesiones estaríamos ante lo que en prevención se denomina accidente blanco. Caso de no producirse lesiones ni daños, lo denominaríamos incidente.

Evaluación de riesgos

En cuanto a la evaluación de riesgos, el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención, la define como:

“el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

Cuando de la evaluación realizada resulte necesaria la adopción de medidas preventivas, deberán ponerse claramente de manifiesto las situaciones en que sea necesario:

a) Eliminar o reducir el riesgo, mediante medidas de prevención en el origen, organizativas, de protección colectiva, de protección individual, o de formación e información a los trabajadores.

b) Controlar periódicamente las condiciones, la organización y los métodos de trabajo y el estado de salud de los trabajadores.”

El desarrollo de la presente investigación se ha articulado en base a los conceptos expuestos.

1.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y LABORAL DEL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN

La importancia económica del sector de la automoción a nivel mundial es innegable. Tan solo en el año 2013 se produjeron un total de 91.958.325 de vehículos nuevos a lo largo de todo el mundo en los cinco continentes distribuidos según la figura 1.

España fue el segundo productor de automóviles dentro de la unión europea (AFNAC, 2013), tan solo superado por Alemania, y por delante de países como Francia o Reino Unido. Dentro de este sector genérico de la automoción, resulta destacable el hecho de que el sector específico de la reparación de vehículos en España representó el 1.2% del producto interior bruto en el año 2014 de acuerdo con las cifras provenientes de la Confederación Española de Talleres de Reparación de Automóviles y Afines (CETRAA, 2014).

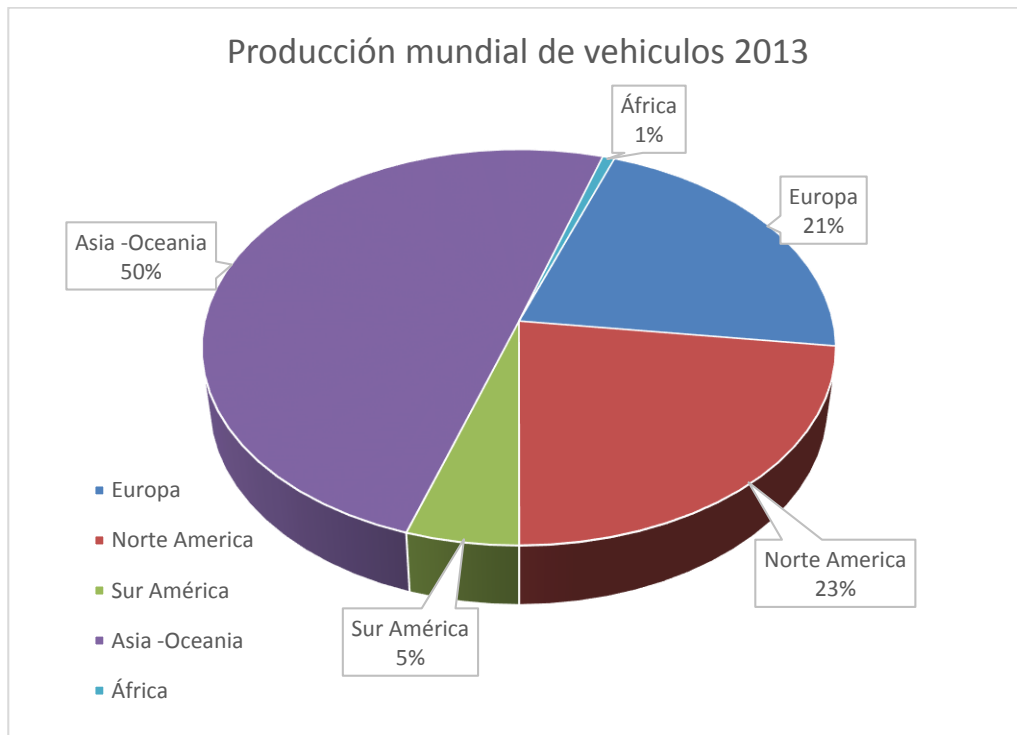


Figura 1 . Producción mundial de automóviles

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AFNAC 2013

Según datos de la Asociación Española de fabricantes y camiones (AFNAC, 2013) a pesar de los buenos resultados de planes como el PREVER el PIVE, que han favorecido el achatarramiento de muchos vehículos, el parque móvil español ha continuado su envejecimiento. La edad media de nuestro parque automovilístico se sitúa ya por encima de los 11 años. En la década anterior, el mercado automovilístico mostraba volúmenes habituales de ventas superiores al millón de unidades. Sin embargo, en los dos últimos ejercicios, apenas se han alcanzado las 800.000 unidades, por lo que existe un importante déficit de renovación. Este déficit de renovación se traduce en una mayor frecuencia e importancia de las labores de mantenimiento de los vehículos por lo que se traduce un aumento en la carga de trabajo de los talleres de automoción.

Unido a este aumento de demanda por parte de los talleres tradicionales, nos encontramos con el desafío que supone desde el punto de vista de los talleres, con un presente y futuro inmediato marcado por el nuevo auge del vehículo eléctrico con diversas tecnologías emergentes (híbridos, con baterías, o con pila de combustible). El agotamiento progresivo de los combustibles fósiles marca un futuro más o menos cercano en el que el vehículo tradicional de combustión interna sea desbancado por nuevas tecnologías eléctricas.

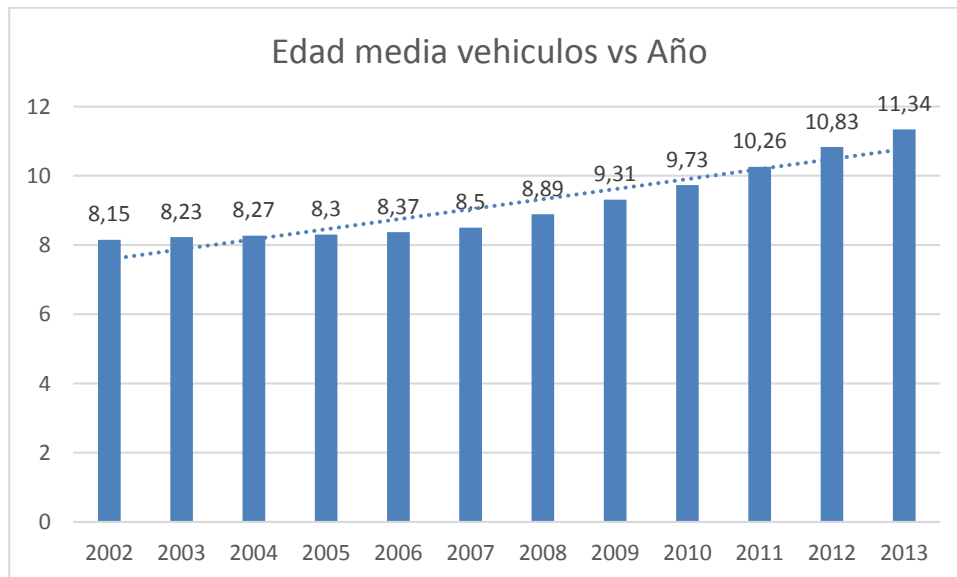


Figura 2. Edad media de vehículos

Fuente: AFNAC, 2013

A pesar de la gran relevancia que está adquiriendo en la actualidad el vehículo eléctrico, lo cierto es que no es un invento totalmente reciente. Sus fundamentos (Eléctricidad, motor eléctrico, batería), tienen su origen a finales del siglo XIX de la mano de científicos ilustres como Alessandro Volta, André-Marie Ampère, Michael Faraday, Thomas Edison o Nikola Tesla entre otros, prácticamente en paralelo a estos inventos, nació el vehículo eléctrico. Prueba de ello es que desde 1900 a 1910, más de 50 compañías fabricaban vehículos eléctricos en Estados Unidos y en 1912 se encontraban registrados 34000. Sin embargo, los intereses de las compañías petroleras, así como diversos inventos que mejoraron muchos de los problemas de los vehículos impulsados por combustibles fósiles, hicieron que el coche eléctrico cayera en el olvido tecnológico y desapareciera del mercado hasta casi nuestros días.

Su reaparición ha motivado nuevos desafíos tanto desde el punto de vista productivo, como desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales en los talleres destinados a su reparación.

1.4 PRL EN EL SECTOR DE LOS TALLERES DE AUTOMOCIÓN

Dentro del sector de la automoción podemos diferenciar claramente tres subsectores. El subsector manufacturero dedicado a la fabricación de vehículos nuevos, el subsector de mantenimiento de vehículos en circulación formado mayoritariamente por talleres, y por el último el subsector de tratamiento autorizado de vehículos fuera de circulación como son los desguaces y similares.

En torno al subsector de la fabricación y ensamblaje de automóviles, son numerosos los estudios que abordan diversos riesgos laborales asociados a las tareas típicas dentro de este tipo de industria. De entre ellos destacan los que analizaron los riesgos ergonómicos y los posibles trastornos musculo esqueléticos asociados (Wang et al 2012; Hussain, 2004; Punnet, 1998), la propuesta mejoras preventivas a nivel corporativo para mejorar las condiciones ergonómicas de los trabajadores afectados (Joseph, 2003; Berlin, 2009), o los que estudiaron riesgos higiénicos como son el exceso de exposición a ruidos (Kalantary et al 2015; Warner et al 1998), o la exposición a humos de soldadura (Hairiri et al 2012). A pesar de los riesgos citados, la implantación de una adecuada gestión de la prevención en este subsector suele ser viable, y estar correctamente implementada puesto que por lo

general, las empresas de gran tamaño, como son este tipo de industrias, suelen disponer de recursos suficientes para gestionar la prevención tales como personal especializado, y partidas presupuestarias específicas dentro de sus recursos programados. Cabe destacar también el entorno fijo y controlado de producción que hace que las medidas preventivas sean más sencillas y sistemáticas en comparación con sectores cuyo lugar de trabajo es cambiante como suele ser el sector de la construcción.

Sin embargo, en lo que respecta al subsector de los talleres de automoción, las estadísticas de siniestralidad en España lo sitúan como un subsector en el que se producen un elevado número de accidentes por trabajadores empleados, en jornada de trabajo, según datos del Ministerio de Trabajo e Inmigración (INSHT, 2012).

Resulta reseñable el hecho de que a pesar de las malas cifras del subsector, muchas de las causas de siniestralidad presentes no han sido estudiadas en profundidad por estudios previos. A esta falta de trabajos de investigación al respecto hay que sumarle el hecho de que la continua evolución tecnológica del vehículo como medio de transporte está generando una serie de nuevos riesgos emergentes ligados al desarrollo de nuevas tecnologías como son las tecnologías híbridas, eléctricas, o de pila de combustible.

En el año 2011 la población mundial de automóviles se elevaba 1000 millones de unidades en circulación. (World vehicle population, 2011). Debido a esta elevada cifra el mantenimiento de vehículos es una de las actividades más extendidas a lo largo del planeta, sin embargo los problemas de seguridad y salud laboral de los trabajadores ligados a este sector no han sido suficientemente estudiados. Las cifras de siniestralidad del sector revelan que el número de accidentes y enfermedades profesionales por trabajador (3.9 %) es más elevado que el de otros sectores, que a priori se podrían considerar como más peligrosos, como pueden ser las actividades auxiliares de la minería, (2.3%) o la industria química (2.4%), (Bureau of Labor and Statistics, 2011).

No existe una única razón para estas cifras tan negativas. Las razones que motivan estas malas cifras están relacionadas con múltiples factores tanto de

Diferentes factores de estrés están presentes en las tareas habituales de un taller como son el ruido ambiental (Bejan, Brosseau & Parker 2011, Dembe et al 2005; Sorock et al 2004), la presencia de asbestos (Dotson 2006, Cohen & Van Orden 2008, Blake et al 2008), o las condiciones ergonómicas (Fredriksson 2001, Vandergrift et al 2011).

Otro hecho diferencial que puede influir negativamente en la implantación y gestión de una adecuada prevención, puede ser el que el tamaño de la mayoría de los talleres no supere los 10 trabajadores, tal y como sucede en países como Estados Unidos donde tan solo el 21% de los talleres tenía 10 o más trabajadores, siendo más de la mitad los talleres con menos de 5 trabajadores (Bejan, Brosseau & Parker 2011)

Aunque los mecánicos están expuestos a múltiples riesgos laborales, los estudios previos encontrados al respecto están focalizados en un solo riesgo y no muestran la problemática global del trabajador. La mayoría de los estudios están basados en el tradicional vehículo de combustión. Sin embargo el desarrollo y la expansión de las nuevas tecnologías de propulsión debido a la escasez del petróleo, han dado lugar a nuevos riesgos laborales unidos a estas nuevas tecnologías

Los mecánicos y trabajadores empleados en talleres de automoción no suelen caracterizarse por una especial formación académica. Muchos mecánicos suelen comenzar su andadura profesional como aprendices y van formándose con asistencia del personal más experimentado. Es por ello que la mayoría de conocimientos se transmiten de un modo práctico con el mínimo de contenidos teóricos necesario (Barber 2004, Hager 1998).

La novedad de las nuevas tecnologías ligadas al coche eléctrico implica que su conocimiento no está suficientemente extendido y que el número de trabajadores expertos en la materia es limitado. Esta limitación de trabajadores con experiencia y conocimientos en las nuevas tecnologías supone un importante problema tanto desde el punto de vista de la productividad como desde el punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales en los talleres.

1.5 MOTIVACIÓN

A la vigencia e importancia del problema tratado, se une la inquietud profesional del doctorando en cuanto a la prevención de riesgos laborales. Su trayectoria académica ha estado desde sus inicios estrechamente unida a la seguridad y salud laboral. Durante sus estudios de ingeniería el candidato configuró su expediente académico incluyendo asignaturas como Seguridad Industrial o Gestión de la Calidad. Al finalizar Ingeniería Industrial, continuó ampliando conocimientos a través de un Master Universitario Oficial de Prevención de Riesgos Laborales. Su posterior trabajo en la Cátedra de Prevención y Responsabilidad Social Corporativa de la Universidad de Málaga, le brindó la posibilidad de seguir formándose, y a la vez continuar desarrollando trabajos de investigación dentro del ámbito de la prevención de riesgos laborales, en proyectos de ámbito nacional financiados por organismos de reconocido prestigio tales como el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), o el Ministerio de Ciencia y Tecnología. En base a lo expuesto, a modo de resumen se puede decir que los motivos que han justificado la elección de esta temática para la elaboración del presente trabajo de investigación por que se opta al grado de Doctor por la Universidad de Jaén son los siguientes:

- Las acciones destinadas a la mejora de la seguridad y salud laboral resultan clave a la hora de proteger la integridad física y mental de los trabajadores.
- El sector de los talleres de automoción en España presenta unas cifras especialmente preocupantes en cuanto a seguridad y salud laboral.
- Los nuevos riesgos ligados a tecnologías emergentes del sector suponen un desafío desde el punto de vista preventivo
- El interés del doctorando por los aspectos relacionados con la gestión de la prevención

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍAS

Por tanto, habiendo establecido como temática de estudio el análisis de los riesgos presentes en los talleres de automoción haciendo un especial énfasis en los riesgos emergentes ligados a las nuevas tecnologías, se procedió a centrar la investigación tratando de dar respuesta a las siguientes cuestiones.

- ¿Cuáles son las causas de los accidentes en los talleres de automoción en España?
- En dichos accidentes ¿Qué trabajadores son más susceptibles de sufrir accidentes daños más severos?
- ¿Cuáles son los niveles de riesgo en las actividades del sector?
- ¿Son evaluados correctamente los riesgos en el sector?
- ¿Se identifican adecuadamente los peligros, en especial los peligros emergentes?
- ¿Cuáles son los principales riesgos de seguridad en los talleres?
- ¿Es adecuada la formación en PtD de los profesionales del sector?

En base a lo expuesto, los objetivos del presente trabajo, así como las metodologías empleadas para alcanzar dichos objetivos se describen a continuación.

2.1 ESTADO ACTUAL DE LA SEGURIDAD LABORAL EN LOS TALLERES DE AUTOMOCIÓN

El primero de los objetivos planteados para el desarrollo de la presente tesis doctoral fue determinar el estado actual de la seguridad en los talleres de automoción en España mediante la realización de un análisis de la siniestralidad.

Para dicho análisis se recopilaron los accidentes de trabajos registrados en el sector entre los años 2003-2008. En España, desde el año 2003, existe obligatoriedad legal de notificar de modo electrónico todos los accidentes laborales que ocasionen la ausencia del trabajador de su puesto de trabajo durante uno o más días. (*ORDEN TAS/2926/2002, de 19 de noviembre, por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de los accidentes de trabajo y se posibilita su transmisión por procedimiento electrónico*). Esta notificación debe de efectuarse a través del sistema electrónico Delt@ cumplimentando un Parte Oficial de Accidente de Trabajo (PAT). Para la realización de este estudio el

Ministerio de Empleo y Seguridad Social nos facilitó un total de 89.954 partes de accidentes de trabajo, que corresponden a la totalidad de accidentes notificados en la actividad de Mantenimiento y reparación de vehículos de motor (CNAE 502), entre los años 2003 y 2008. Los partes de accidentes fueron anonimizados previamente por parte del Ministerio. A pesar de la obligatoriedad legal de notificación de los accidentes, existe la posibilidad de que algunos casos no hayan sido reportados conforme a la legalidad vigente, y no exista constancia oficial de que se hayan producido.

En primer lugar, para medir la influencia de diferentes variables sobre los distintos tipos de lesión, se utilizó la variable “Código descripción de lesión” en base a los dos primeros dígitos de los principales grupos de lesiones de los partes de accidente de trabajo. Los porcentajes de accidentados en base a la descripción de la lesión fueron los siguientes: heridas y lesiones superficiales (41,2%), Dislocaciones, esguinces y torceduras (38,8%), fracturas de huesos (6,2 %), conmociones y lesiones internas (5,3%), quemaduras, escaldaduras y congelación (2,0 %). No se estudiaron lesiones con representatividad menor al 2% del total de los accidentados. Cabe destacar que el porcentaje total de las descripciones de lesión estudiadas supusieron el 93,5% del total de accidentes

Una vez clasificados los accidentes en base a la descripción de la lesión, se escogieron diferentes variables para evaluar su influencia en los distintos tipos de accidentes. Las variables que se estudiaron en este trabajo se subdividen en tres grupos dependiendo si la variable es personal, empresarial, o descriptiva del accidente.

- Variables personales. Describen características del trabajador accidentado. Dentro de este grupo se encuentran las variables sexo, nacionalidad y régimen de la seguridad social del trabajador.
- Variables empresariales. Describen aspectos acerca de la organización de la empresa. En este grupo se incluyen la plantilla o tamaño de la empresa, la realización de evaluación de riesgos, el modelo de servicio de prevención, el uso de Empresas de Trabajo Temporal (ETT).
- Variables descriptivas del accidente. En este grupo se incluyen variables propias de las circunstancias particulares en las que se produjo el accidente, tales como si el lugar de trabajo era el habitual, si se vieron implicados más un trabajador, el día de

la semana, o si el trabajo que se estaba desempeñando en el momento del accidente era el habitual.

La magnitud de asociación entre las variables y el tipo de lesión se midió mediante odds ratio (OR) ajustadas y sus intervalos de confianza (IC) del 95%. El paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), en su versión 21, fue utilizado para el desarrollo de los cálculos.

2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS EMERGENTES

El segundo de los objetivos fijados para el desarrollo del presente trabajo fue cuantificar los riesgos emergentes en la reparación de vehículos que implementen nuevas tecnologías mediante herramientas de análisis basadas en paneles de expertos especialistas en la materia objeto de estudio

La metodología utilizada a lo largo de la presente investigación fue el método Delphi de una sola ronda, conocido como Staticized Groups. A falta de históricos de datos para las tecnologías emergentes en esta parte de la investigación se optó por la utilización de la técnica cualitativa citada. Esta metodología es prospectiva, es decir, trata de predecir el futuro, y lo hace mediante la consulta a una serie de expertos con profundos conocimientos en el campo objeto de estudio.

El principal motivo de elección del método Delphi de una ronda, frente al método Delphi de tres rondas, es la ventaja de que no se converge a un valor que pudiera ser erróneo. El panel de expertos está formado por técnicos con diplomatura o licenciatura universitaria, y dependiendo de sus características académicas y profesionales obtuvieron diversas puntuaciones. Estas puntuaciones determinan su nivel de experiencia en la materia. Para establecer este sistema, se han revisado diversas fuentes bibliográficas. Por ejemplo, los estudios de Veltri (1985) que establecen una guía para la puntuación de expertos, pero cuyos criterios son bastante vagos. El estudio de Rogers y Lopez (2002) establece una serie de requerimientos para el análisis de expertos, aunque poco flexibles.

Finalmente, nos hemos basado en la aplicación del método Delphi llevada a cabo por M.R. Hallowell y J.A. Gambatese, por ser la que reúne las cualidades de los tres estudios

anteriores y por ser la más reciente. Se ha adaptado al sistema académico español de ingenierías técnicas y superiores, y además se ha dado un peso específico a la experiencia en el sector de automoción.

<i>Mérito del experto</i>	<i>Puntuación</i>
<i>Ingeniería Técnica</i>	4
<i>Ingeniería Superior</i>	6
<i>Especialidad Mecánica/Eléctrica</i>	3
<i>Máster</i>	2
<i>Doctorado</i>	4
<i>Máster de Prevención de Riesgos Naturales</i>	4
<i>Colegiado</i>	3
<i>Años de Experiencia</i>	1 por cada año
<i>Sector laboral de automoción/movilidad eléctrica</i>	2 por año de experiencia.
<i>Conferencia</i>	0,5 por conferencia
<i>Artículos publicados</i>	2 por artículo
<i>Libros Publicados</i>	4 por libro
<i>Miembro de alguna universidad</i>	3

Tabla 1. Baremo para miembros del panel de expertos

Fuente: Elaboración propia

3. RESUMEN Y DISCUSIÓN GLOBAL DE LOS RESULTADOS

En los talleres de vehículos tradicionales (combustión interna) se identificó que el hecho de sufrir heridas superficiales se asociaba de manera estadísticamente significativa e independiente con el sexo masculino (OR=2,206; IC del 95%, 2,02-2,409), estar dado de alta en régimen general (OR=1,306; IC del 95%, 1,143-1,491), ser una empresa usuaria de ETT (OR= 1,885, IC del 95%, 1,113-3,192), con el lugar habitual de trabajo (OR= 2,055; IC del 95%,1,965-2,149), así como con la actividad de trabajo habitual (OR= 1,55, IC del 95%, 1,472-1,633). Con respecto a las lesiones de dislocación y torceduras se asociaron de manera estadísticamente significativa e independiente con la nacionalidad española (OR= 1,175, IC del 95% 1,121-1,231), con el hecho de que hubiera más de un trabajador accidentado (OR= 1.272, IC del 95% 1,063-1,522), así como con que el día del accidente fuera lunes (OR= 1,189, IC del 95%, 1,153-1,226). El hecho de que el lunes sea un factor de riesgo frente al resto de días de la semana para este tipo de lesiones está en consonancia con el denominado efecto lunes estudiado por la literatura científica.

Las fracturas de huesos se asociaron manera estadísticamente significativa e independiente en mayor medida con aquellas empresas con 5 trabajadores o menos en plantilla (OR=1,289, IC del 95%, 1,219-1,362), así como con aquellas empresas con la modalidad preventiva de servicio de prevención ajeno (OR=1,114, IC del 95%, 1,047-1,186). Las conmociones y lesiones internas obtuvieron los resultados menos concluyentes puesto que diferentes variables obtuvieron intervalos de confianza que contenían a la unidad, no pudiendo afirmar por tanto que los OR obtenidos con los citados intervalos de confianza fueran estadísticamente significativos. Por último, se identificó que el hecho de sufrir quemaduras, escaldaduras y congelación se asociaba de manera estadísticamente significativa e independiente con el sexo masculino (OR= 2,627, IC del 95% 1,706-4,046), empresas de 5 o menos trabajadores, (OR=1.376, IC del 95, 1,25-1,514), con la modalidad preventiva de servicio de prevención ajeno (OR=1,226, IC del 95% , 1,103-1,363), con el lugar de trabajo habitual (OR=2,673; IC del 95% , 2,153-3.319), con el hecho de que haya más de un trabajador afectado (OR= 2,055, IC del 95%, 1,296-3,259) así como con el desempeño del trabajo habitual (OR= 2,115, IC del 95%, 1,66-2,693). A modo de resumen en la siguiente tabla se muestran las principales relaciones de significación entre las variables analizadas y los distintos tipos de lesión.

Variable		Heridas superficiales	Dislocaciones torceduras	Fractura de huesos	Conmociones lesiones internas	Quemaduras
Sexo	Masculino	Riesgo	Protección	No significativo	No significativo	Riesgo
	Femenino	Protección	Riesgo	No significativo	No significativo	Protección
Nacionalidad	Española	Protección	Riesgo	No significativo	Riesgo	Protección
	Extranjero	Riesgo	Protección	No significativo	Protección	Riesgo
Reg Seg Social	General	Riesgo	No significativo	Protección	No significativo	Protección
	Resto	Protección	No significativo	Riesgo	No significativo	Riesgo
Plantilla	5 o menos trabajadores	Riesgo	Protección	Riesgo	Protección	Riesgo
	más de 5	Protección	Riesgo	Protección	Riesgo	Protección
Evaluación de riesgos	SI	Protección	Riesgo	Riesgo	Riesgo	No significativo
	NO	Riesgo	Protección	Protección	Protección	No significativo
Servicio prevención ajeno	SI	Protección	Riesgo	Riesgo	Protección	Riesgo
	No	Riesgo	Protección	Protección	Riesgo	Protección
Usuaría de ETT	SI	Riesgo	No significativo	No significativo	No significativo	Protección
	No	Protección	No significativo	No significativo	No significativo	Riesgo
Lugar Accidente	Habitual	Riesgo	Protección	Protección	No significativo	Riesgo
	No habitual	Protección	Riesgo	Riesgo	No significativo	Protección
Número de trabajadores afectados	Más de 1 trabajador	Protección	Riesgo	Protección	No significativo	Riesgo
	Solo 1 trabajador	Riesgo	Protección	Riesgo	No significativo	Protección
Día de la semana Lunes	SI	Protección	Riesgo	Protección	Riesgo	Protección
	No	Riesgo	Protección	Riesgo	Protección	Riesgo
Trabajo habitual	SI	Riesgo	Protección	Protección	No significativo	Riesgo
	No	Protección	Riesgo	Riesgo	No significativo	Protección

Tabla 2. Variables significativas en relación con el tipo de lesión

Fuente: Elaboración propia

Resulta destacable que no existe valor alguno de ninguna de las variables que sea un factor de protección en todos los tipos de lesiones.

El hecho de pertenecer a una empresa de más de 5 trabajadores es un factor de protección frente a la probabilidad de sufrir heridas en 3 de los 5 tipos de lesiones estudiadas. Diversos investigadores coinciden en que existen evidencias de alto riesgo de accidente en las pequeñas empresas (Fabiano, Curro & Pastorino, 2004; Stevens, 1999; Hasle, Kines & Andersen, 2009). Varios estudios indican que la exposición a agentes físicos y químicos es mayor cuanto más pequeña es la empresa (Lamm, 2000; Eakin, Lamm & Limborg, 2000). De acuerdo con dichos estudios, esta mayor exposición viene motivada por las dificultades que suelen existir a la hora de controlar los distintos riesgos, debido a las limitaciones de medios materiales y humanos que están presentes en las pequeñas empresas. Dicha limitación de medios provoca que en muchas ocasiones las empresas pequeñas tengan dificultades incluso para cumplir tan solo con los requisitos legales, especialmente cuando se trata de microempresas (Mayhew, 1997; Walters, 2001). Los resultados obtenidos en este estudio indican que el sector de los talleres de automoción se comporta en este aspecto de un modo similar a otros sectores, siendo el tamaño de la empresa un factor de protección en la mayoría de los tipos de lesiones estudiadas.

En cuanto al lugar en el que se el accidente, el lugar habitual obtuvo resultados similares a los de la variable tarea ordinaria o trabajo habitual, siendo ambas factor de protección para las dislocaciones y torceduras, y para las lesiones con fractura de huesos. Estos resultados resultan coherentes puesto que lo más común en este sector es que el trabajo habitual se efectúe en el centro de trabajo habitual. Los accidentes fuera del lugar establecido como centro de trabajo habitual suelen estar ligados a desplazamientos con vehículos, bien por tareas no habituales “en misión” o bien al ir o volver del trabajo al domicilio “in-itenera”. Del mismo modo, una de las lesiones más frecuente en los accidentes de tráfico no mortales es la fractura de huesos (Ganveer & Tiwari, 2005) por lo que resulta lógico que las tareas no habituales fuera del centro de trabajo en los que se producen desplazamientos de tráfico, supongan un factor de riesgo para este tipo de lesiones tal y como señalan los resultados obtenidos en este estudio.

Respecto al denominado efecto lunes por el cual los trabajadores reclaman como accidente laboral, accidentes sucedidos durante el fin de semana fuera de la jornada laboral, cabe destacar que el lunes es un factor de riesgo para las lesiones del tipo dislocaciones y esguinces lo cual parece indicar que puede ser debido a este efecto, sin embargo también es un factor de riesgo para las conmociones y lesiones internas, que no suelen estar ligadas a este efecto ya que su gravedad les impide retrasar su tratamiento sanitario, por tanto no se puede concluir que existan evidencias suficientes de que el efecto lunes tenga lugar en el sector.

Una vez analizados las variables que influyen en talleres tradicionales desde un punto de vista cuantitativo basado en históricos de accidentes, se procedió a evaluar los principales riesgos emergentes presentes en los talleres relacionados con las nuevas tecnologías del sector, considerando también la tecnología tradicional. En la tabla 3 se muestran ordenados conforme a su peligrosidad los principales riesgos detectados.

Nº	Riesgo de seguridad	Valor unitario	Tecnología del vehículo
1	Choque eléctrico durante operaciones de reparación	0,672	Eléctrico
2	Atrapamiento o golpe por equipos o herramientas	0,582	Combustión
3	<i>Cableado de alta tensión</i>	0,579	Eléctrico
4	<i>Vehículos en marcha silenciosos, atropello</i>	0,571	Eléctrico
5	<i>Choque eléctrico en la pila de combustible I</i>	0,524	Pila de hidrógeno
6	<i>Extinción de incendio con agua, choque eléctrico</i>	0,499	Eléctrico
7	<i>Conexión a tierra del circuito de hidrógeno, electricidad estática</i>	0,497	Pila de hidrógeno
8	<i>Depósitos de hidrógeno líquido, evaporación de hidrógeno, atmósferas explosivas.</i>	0,495	Pila de hidrógeno
9	<i>Terminales de la batería, riesgo de cortocircuito.</i>	0,486	Híbrido
10	<i>Terminales de la batería, riesgo de arco eléctrico en ambientes muy húmedos.</i>	0,476	Híbrido
11	<i>Formación de atmósferas explosivas</i>	0,378	Pila de hidrógeno
12	<i>Riesgo electromagnético para marcapasos, DAI etc.</i>	0,373	Eléctrico
13	<i>Retirada del interruptor de servicio del sistema de A/T</i>	0,354	Eléctrico
14	Exposición a sustancias nocivas	0,291	Combustión

15	<i>Condensadores de alta capacidad, choque eléctrico mientras descargan</i>	0,288	Eléctrico
16	<i>Exposición a sustancias químicas (níquel, pentacloruro de fósforo, otros)</i>	0,259	Híbrido
17	<i>Temperatura de los materiales de las células</i>	0,245	Híbrido
18	<i>Temperatura de la batería</i>	0,234	Híbrido
19	<i>Depósitos de hidrógeno líquido, congelación, quemaduras criogénicas, hipotermia.</i>	0,233	Pila de hidrógeno
20	<i>Activación sistema de A/T por temporizadores de inicio de la carga o del A/C</i>	0,233	Eléctrico

Tabla 3. Riesgos de seguridad en las distintas tecnologías

Fuente: Elaboración propia

Como se puede comprobar en la tabla anterior, de los principales veintes riesgos detectados tan solo dos están ligados a tecnologías de coche eléctrico tradicional, siendo los 18 riesgos restantes, riesgos ligados tanto a tecnologías de coche eléctrico, de pila de combustible, y de vehículos híbridos. Sin embargo en cuanto a actividades cabe destacar que casi la mitad de las primeras veinte actividades con más riesgo corresponden a vehículos tradicionales de combustión, si bien no debemos de olvidar que las reparaciones comunes (chapa, pintura, etc) se incluyeron como actividades tradicionales, aún siendo de aplicables a todas las tecnologías.

	Actividad	Valor	Mediana	Desviación estandar	Tecnología del vehículo
1	<i>Manipulación de piezas de amianto</i>	4	4	1,054	Combustión
2	<i>Soldadura oxiacetilénica</i>	3,3	3	0,674	Combustión
3	<i>Instalación/desmontaje de depósitos de hidrógeno líquido</i>	3,3	3	0,674	Pila de hidrógeno
4	<i>Soldadura por resistencia</i>	3,2	3	0,788	Combustión
5	<i>Otros métodos de soldadura</i>	3,1	3	0,567	Híbrido
6	<i>Manipulación de depósitos de combustible</i>	3,1	3	0,737	Combustión
7	<i>Instalación/desmontaje de depósitos de hidrógeno líquido</i>	3,1	3	0,994	Combustión
8	<i>Comprobación y reparación de las pérdidas de hidrógeno</i>	3,1	3	0,875	Pila de hidrógeno
9	<i>Manipulación y corte de piezas de chapa</i>	2,9	3	0,875	Combustión
10	<i>Manipulación de airbags</i>	2,9	3	1,1	Combustión

11	<i>Instalación/desmontaje de depósitos de hidrógeno gas</i>	2,9	3	0,737	Pila de hidrógeno
12	<i>Comprobación de los daños internos del depósito</i>	2,8	3	0,788	Pila de hidrógeno
13	<i>Extracción/montaje del M/G o del sistema de transmisión</i>	2,7	3	0,674	Híbrido
14	<i>Elevación de vehículo con baterías de tracción distribuidas en la base</i>	2,7	2,5	0,823	Eléctrico
15	<i>Presencia de aire atmosférico en circuitos de hidrógeno reparados</i>	2,7	3	0,948	Pila de hidrógeno
16	<i>Tratamientos mecánicos y térmicos de reparación de chapa</i>	2,6	2,5	0,699	Combustión
17	<i>Test de circuitos eléctricos, búsqueda de cortos, derivaciones, inspección de conexiones a tierra. Test de pico de tensión</i>	2,6	2	1,074	Eléctrico
18	<i>Comprobación y llenado de refrigerante de la pila</i>	2,6	2,5	0,966	Pila de hidrógeno
19	<i>Operaciones de montaje y desmontaje de piezas</i>	2,3	2	0,674	Combustión
20	<i>Comprobación de aislamiento eléctrico del motor</i>	2,3	2,5	0,823	Híbrido

Tabla 4. Riesgos en las actividades de reparación

Fuente: Elaboración propia

A modo de resumen en la tabla 5 se pueden observar el número de actividades evaluadas para cada tecnología, así como el riesgo total en base a esas actividades, y la media de riesgo por actividad. En base a estos datos la tecnología con las actividades más peligrosas es la pila de hidrógeno, seguida muy de cerca por las tecnologías tradicionales.

Tecnologías	Actividades		
	Número de actividades evaluadas	Riesgo total	Media de riesgo por actividad
Tradicional	17	42.4	2.49
Híbrido	8	17.7	2.21
Eléctrico	5	11.7	2.34
Pila de hidrógeno	12	30.3	2.53

Tabla 5. Ranking de tecnologías

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES FINALES

Este estudio sirve de complemento a otros estudios sobre el sector que en su mayoría se centran en un único riesgo específico, sin considerar de un modo global los factores que influyen en las lesiones producto del accidente laboral.

En base a los resultados obtenidos se puede afirmar que la caracterización del trabajador, empresa y del accidente no es igual para todos los tipos de lesiones, variando por tanto la probabilidad de sufrir un accidente de manera distinta en cada tipo de lesión. Resulta destacable que factores como el género o la nacionalidad estudiados en otros sectores como es el caso de la construcción donde el hecho de ser varón inmigrante supone un factor de riesgo de cara a la siniestralidad, para el caso de los talleres, tanto las anteriormente citadas, como el resto características del trabajador actúan como factor de protección o de riesgo en función del tipo de lesión producida en el accidente.

En base a todo lo expuesto, las estrategias de prevención y las medidas preventivas se deben de particularizar, adaptar y desarrollar con un énfasis especial en los perfiles de los trabajadores más susceptibles de sufrir daños atendiendo a los distintos tipos de lesiones.

Respecto a los valores de riesgo obtenidos en este trabajo, pueden ser usados como herramienta para evaluar los riesgos en talleres de reparación de automóviles. Las tecnologías emergentes en talleres de automoción, vienen ligadas a riesgos emergentes de los nuevos equipos utilizados. Los problemas de seguridad discutidos en este trabajo pueden facilitar la gestión de riesgos en las actividades estudiadas. En cuanto a las medidas preventivas, los recursos son siempre limitados y por lo tanto deben ser manejados de manera eficiente. Los gerentes y supervisores de talleres de automóviles deben primero identificar las actividades más peligrosas y sus riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores. Los resultados de esta investigación pueden servir de orientación en la priorización de las medidas preventivas, basadas en una escala coherente de las necesidades.

La clasificación obtenida basada en la puntuación de los expertos señaló entre los más peligrosos el riesgo de sufrir un choque eléctrico durante reparaciones, el atrapamiento por vehículos silenciosos, o el choque eléctrico por descarga de la pila de combustible. En

consecuencia, se debe prestar especial atención y diseñar especiales medidas preventivas para reducir en la medida de lo posible este tipo de riesgos. Una formación específica así como unos protocolos seguros pueden ser algunas de las medidas más efectivas

No se puede concluir que una tecnología en concreto sea más segura que otra puesto que los resultados no incluyen valores de exposición, pero si se puede afirmar que si la exposición del trabajador fuese igual en todas las tecnologías la tecnología de pila de combustible fue la más peligrosa en opinión de los expertos.

El diseño e implementación de nuevas medidas preventivas basadas en los resultados de este trabajo pueden reducir los riesgos a los que se expone el trabajador, suponiendo por tanto un impacto positivo en la seguridad y salud laboral de los actuales y futuros talleres de reparación de vehículos.

5. BIBLIOGRAFÍA

Baradan, S. Usmen, M. (2006). Comparative Injury and Fatality Risk Analysis of Building Trades. *Journal of Construction Engineering and Management* 132(5), 533–539.

Barber, J. (2004). Skill upgrading within informal training: lessons from the Indian auto mechanic. *International Journal of Training and Development*. Volume 8, Issue 2, pages 128–139.

Bejan, A. Brosseau, L.M & Parker, D (2011): Exposure Assessment in Auto Collision Repair Shops, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 8:7, 401-408

Benavides FG, Ahonen EQ, Bosch C. Riesgo de lesión por accidente laboral en trabajadores extranjeros (España, 2003 y 2004). *Gac Sanit [online]*. 2008, vol.22, n.1, pp. 44-47. ISSN 0213-9111.

Benavides FG, Delclos J, Benach J, et al. Lesiones por accidente de trabajo, una prioridad en salud pública. *Rev Esp Salud Publica*. 2006;80:553–65.

Benavides FG. et al. Análisis de los mecanismos de producción de las lesiones leves por accidentes de trabajo en la construcción en España. *Gac Sanit [online]*. 2003, vol.17, n.5, pp. 353-359. ISSN 0213-9111.

Berlin, C., Örtengren, R., Lämkuill, D., & Hanson, L. (2009). Corporate-internal vs. national standard—A comparison study of two ergonomics evaluation procedures used in automotive manufacturing. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(6), 940-946.

Best, R. J. (1974). An experiment in Delphi estimation in marketing decision 448–452. *Journal of Marketing Research* 11, pp. - 448-452.

Blake CL, Dotson GS, Harbison RD. Evaluation of asbestos exposure within the automotive repair industry: A study involving removal of asbestos-containing body sealants and drive clutch replacement. *Regulatory toxicology and pharmacology: RTP*. 2008;52(3):324.

BLS. Bureau of Labor statistics. (2011). Workplace Injuries and Illnesses – 2011. http://www.bls.gov/news.release/archives/osh_10252012.pdf

BLS. Bureau of Labour and statistics. (2011) . Fatal occupational injuries by industry and event or exposure, All U.S., 2011. <http://www.bls.gov/iif/oshwc/foi/cftb0259.pdf>

Boje, D. M., &Murnighan, J. K. (1982). Group confidence pressures in iterative decisions. *Management Science* 28, 1187–1196.

British Standard Institution, 1996. Guide to Occupational Health and Safety Management Systems, BS 8800.

Camino López MA, Ritzel DO, Fontaneda I, González Alcantara OJ. Construction industry accidents in Spain. *J Saf Res.* 2008;39(5):497-507.

CESVIMAP. Centro de Experimentación y Seguridad Vial MAPFRE (2003). Manual de prevención de riesgos en talleres de automóviles. 3ª ed. Ávila, Castilla y León: Fernández Ciudad, S.L.

Cohen, H.J., Van Orden, D.R.(2008). Asbestos Exposures of Mechanics Performing Clutch Service on Motor Vehicles, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 5:3, 148-156.

Compolieti M, Hyatt DE. Further evidence on the monday effect in workers' compensation. *Indus.& Lab.Rel.Rev.* 2005;59:438.

Dembe AE, Erickson JB, Delbos RG, Banks SM. The impact of overtime and long work hours on occupational injuries and illnesses: New evidence from the united states. *Occup Environ Med.* 2005;62(9):588-97.

Dotson GS. Characterization of asbestos exposure among automotive mechanics servicing and handling asbestos-containing materials. 2006. Graduate School Theses and Dissertations. University of South Florida. United States of America. <http://scholarcommons.usf.edu/etd/2506>

Eakin, J. M., Lamm, F., & Limborg, H. J. (2000). International perspective on the promotion of health and safety in small workplaces. *Systematic occupational health and safety management: perspectives on an international development*, 227-247.

Erffmeyer, R. C., & Lane, I. M. (1984). Quality and acceptance of an evaluative task: the effects of four group decision-making formats. *Group and Organization Studies* 9(4), 509–529.

Everett, J.G. (1999). Overexertion Injuries in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. Volume 125. Issue 2, pp. 109-115.

Fabiano, B., Curro, F., & Pastorino, R. (2004). A study of the relationship between occupational injuries and firm size and type in the Italian industry. *Safety Science*, 42(7), 587-600.

Fischer, G. W. (1981). When oracles fail – a comparison of four procedures for aggregating subjective probability forecasts. *Organizational Behavior and Human Performance* 28, 96–110.

Fredriksson, K., Bildt, C., Hägga, G., Kilboma, Å. (2001). The impact on musculoskeletal disorders of changing physical and psychosocial work environment conditions in the automobile industry *Int J Ind Ergon*, 28 (2001), pp. 31–45.

Ganveer, G. B., & Tiwari, R. R. (2005). Injury pattern among non-fatal road traffic accident cases: A cross-sectional study in Central India. *Indian journal of medical sciences*, 59(1), 9.

Guldenmund, F., Cleal, B., & Mearns, K. (2012). An exploratory study of migrant workers and safety in three European countries. *Safety Science*.

Gustafson, D. H., Shukla, R. K., Delbecq, A., & Walster, G. W. (1973). A comparison study of differences in subjective likelihood estimates made by individuals, interacting groups, Delphi groups and nominal groups. *Organizational Behavior and Human Performance* 9, 280–291.

Hager, P. (1998). Recognition of Informal Learning: Challenges and Issues. *Journal of Vocational Education and Training* 50, 4, 521–35.

Hariri, A., Leman, A. M., Yusof, M., Zainal, M., & Paiman, N. A. (2012). Preliminary measurement of welding fumes in automotive plants. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(2), 146-151.

Hallowell, M.R., Esmaeili, B., Chinowsky, P., (2011) Safety risk interactions among highway construction work tasks. *Construction Management and Economics* 29:4, 417-429.

Hallowell, M.R., Gambatese, J.A., (2009). Activity-Based Safety Risk Quantification for Concrete Formwork Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. Volume 135, Issue 10.pp-990-999.

Hallowell, M.R., Gambatese, J.A., (2010). Qualitative Research: Application of the Delphi Method to CEM Research. *Journal of Construction Engineering and Management*. Volume 136, pp. 99-107.

Hasle, P., Kines, P., & Andersen, L. P. (2009). Small enterprise owners' accident causation attribution and prevention. *Safety Science*, 47(1), 9-19.

Honda Motor Company (2005): Honda Insight repair manual (1^o ed.).

Hussain, T. (2004). Musculoskeletal symptoms among truck assembly workers. *Occupational Medicine*, 54(8), 506-512.

Instituto Nacional de Estadística. INE. (2015). INEbase / Economía / Empresas. [online] Available at: http://www.ine.es/inebmenu/mnu_empresas.htm [Accessed 20 Sep. 2015].

Jannadi, O., and Almishari, S. (2003). Risk assessment in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. Volume 129, Issue 5, pp. 492–500.

Joseph, B. S. (2003). Corporate ergonomics programme at ford motor company. *Applied Ergonomics*, 34(1), 23-28.

Kakooei, H. Marioryad, H. (2009): Evaluation of exposure to the airborne asbestos in automobile brake and clutch manufacturing industry in Iran, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 56: 143-147.

Kalantary, S., Dehghani, A., Yekaninejad, M. S., Omid, L., & Rahimzadeh, M. (2015). The effects of occupational noise on blood pressure and heart rate of workers in an automotive parts industry. *ARYA Atherosclerosis*, 11(4), 215.

Lamm, F. (2000). Occupational health and safety in Queensland and New Zealand small businesses: influential factors that lead to occupational health and safety compliance and practice (Doctoral dissertation, University of New South Wales).

López Arquillos A, Rubio Romero JC, Gibb A. Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008. *J Saf Res*. 2012.

Mainar, I. G., & Gómez, V. M. (2009). Causas de los accidentes de trabajo en España: análisis longitudinal con datos de panel. *Gaceta Sanitaria*, 23(3), 174-178.

Mayhew, C. (1997). Small business occupational health and safety information provision. *Journal of occupational health and safety Australia and New Zealand*, 13, 361-374.

Mitsubishi Motors Co. (2011): Mitsubishi i-MIEV Emergency Response Guide.

Nissan Motor Corporation (2010): Nissan Leaf Model ZE0 series repair manual (1^o ed.).

Olszewski, M. (2009): Evaluation of the 2008 Lexus LS 600 H hybrid synergy drive system. Oak Ridge National Laboratory, Estados Unidos

Olszewski, M. (2011): Evaluation of the 2010 Toyota Prius hybrid synergy drive system. Oak Ridge National Laboratory, Estados Unidos.

Punnett, L. (1998). Ergonomic stressors and upper extremity disorders in vehicle manufacturing: cross sectional exposure-response trends. *Occupational and Environmental Medicine*, 55(6), 414-420.

Rogers, M.R., López, E.C. (2002), Identifying critical crosscultural school psychology competencies, *Journal of Social Psychology*, 40(2), 115-141.

Rohl, A.N., Langer, A.M., Wolf, M.S., Weisman I. (1976). Asbestos exposure during brake lining maintenance and repair. *Environmental Research*, 12: 110- 128.

Ronda-Pérez, E., Agudelo-Suárez, A. A., López-Jacob, M. J., García, A. M., & Benavides, F. G. (2014). Condiciones de trabajo y salud de los trabajadores inmigrantes en España: revisión bibliográfica. *Revista Española de Salud Pública*, 88(6), 703-714.

Rowe, G., & Wright, G. (1996). The impact of task characteristics on the performance of structured group forecasting techniques. *International Journal of Forecasting* 12, pp. 73–89.

Rubio Romero, J.C. (2002). *Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales OHSAS 18001-Directrices OIT y otros Modelos*. Díaz Santos. Madrid

Rubio Romero, J.C.. (2002). *La Prevención de Riesgos Laborales*. Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental. Málaga

Rubio-Romero, J.C., (2004). *Métodos de evaluación de riesgos laborales*. Editorial Díaz de Santos, ISBN-9788479786335.

Santamaría N, Catot N, Benavides FG. Tendencias temporales de las lesiones mortales (traumáticas) por accidente de trabajo en España (1992-2002). *Gac Sanit [online]*. 2006, vol.20, n.4, pp. 280-286. ISSN 0213-9111.

Snizek, J. A. (1990). A comparison of techniques for judgmental forecasting by groups with common information. *Group and Organization Studies* 15(1), 5–19.

Sorock, G., Lombardi, D., Hauser, R., Eisen, E., Herrick, R., Mittleman, M. (2004) Case-crossover study of transient risk factors for transitional acute hand injury. *Occup Environ Med* 61, 305-11.

Sousanis, J. (2011). World Vehicle Population tops 1 billion. Wards Automotive Group. Inc.

Stevens, G. (1999). Workplace injuries in small and large manufacturing workplaces. *Labour Market Trends*, 107, 19-26.

Sun, Y., Fang, D., Wang, S., Dai, M., and L, X. (2008). Safety risk identification and assessment for Beijing Olympic venues construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 24, Issue 1, pp. 40–47.

Toyota Motor Corporation (2005): Toyota Hybrid System - Course 071 (1^o ed.). Technical Information System, Estados Unidos.

Toyota Motor Corporation (2007): Toyota Prius 2006 Repair Manual (1^o ed). Technical Information System, Estados Unidos

Vandergrift, J.L. Gold, J.E. Hanlon, A. Punnett, L. (2011). Physical and psychosocial ergonomic risk factors for low back pain in automobile manufacturing workers. *Occup Environ. Med.* (2011).

Veltri, A.T. (1985). Expected use of management principles for safety function management, Ph.D. dissertation, West Virginia University, Estados Unidos.

Wang, Z. X., Li, G., Gin, R. L., Li, Y. Z., Zhang, Q. L., Zhao, j. & Jiang, h. Q. (2012). Research on exposure risk level and occurrence of musculoskeletal disorders among automobile assembly workers. *Journal of Environmental & Occupational Medicine*, 1, 003.

Warner, M., Baker, S. P., Li, G., & Smith, G. S. (1998). Acute traumatic injuries in automotive manufacturing. *American journal of industrial medicine*, 34(4), 351-358.

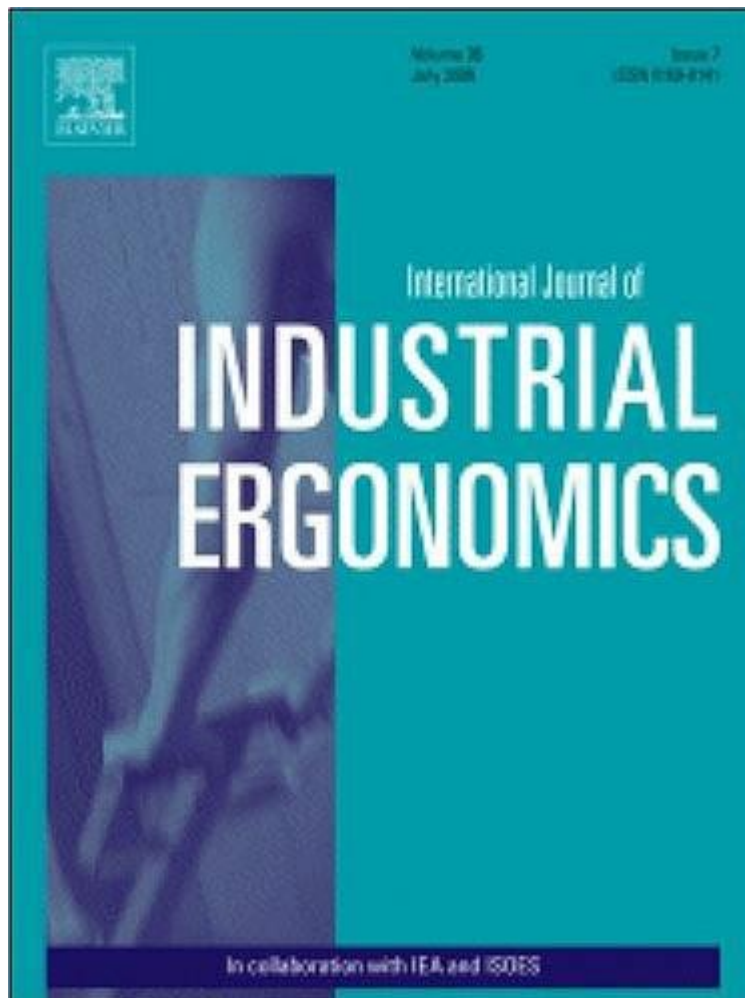
Vyas, H., Das, S., & Mehta, S. (2011). Occupational injuries in automobile repair workers. *Industrial health*, 49(5), 642-651.

Walters, D. (2001). *Health and safety in small enterprises*. PIE-P. Lang.

6 PUBLICACIONES

6.1 PUBLICACIÓN I

Comparative Risk Assessment of Vehicle Maintenance Activities: Hybrid, Battery Electric, and Hydrogen Fuel Cell Cars. (International Journal of Industrial Ergonomics).





Comparative risk assessment of vehicle maintenance activities: Hybrid, battery electric, and hydrogen fuel cell cars



Antonio López-Arquillos^{*}, Juan Carlos Rubio-Romero, Manuel Suárez-Cebador, María del Carmen Pardo-Ferreira

School of Industrial Engineering, Universidad de Málaga, C/Dr. Ortiz Ramos, s/n, 29071 Málaga, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17 December 2013
Received in revised form
11 February 2015
Accepted 23 February 2015
Available online

Keywords:

Safety risk
Maintenance
Battery electric vehicle
Hybrid vehicle
Hydrogen fuel cell vehicle

ABSTRACT

In this research, vehicle maintenance activities and their safety risks were statistically analyzed. This study focused on three types of vehicle: hybrid, battery electric, and hydrogen fuel cell cars. The repair activities and the risks for each power train technology were identified by a panel of experts. Depending on its frequency and severity, risk values were calculated for each maintenance activity. The method chosen was the staticized group method, which involves collection opinions from a panel of experts. The ten experts finally chosen were asked to anonymously respond to a survey that had been especially designed to reduce bias and ensure the quality of the data. The most dangerous vehicle maintenance activities were the manipulation of asbestos, charging and discharging of high value capacitors, and welding.

Relevance to industry: The results of this research reflect the urgent need for workers in the automobile sector to be trained for emerging risks in new technologies.

© 2015 Published by Elsevier B.V.

1. Introduction

In 2011, there were more than one billion motor vehicles in use in the world (Sousanis, 2011). For this reason, vehicle maintenance is an extremely important sector of economic activity. Nevertheless, despite its prominence, surprisingly little attention has been paid to the occupational health and safety conditions of mechanics and other workers at vehicle maintenance worksites. In fact, according to the Bureau of Labour and Statistics (BLS, 2011), workers in this sector had higher rates of occupational injuries and illnesses in comparison to workers from other sectors. During 2011, the number of non-fatal injuries and illnesses per 100 full-time vehicle repair workers in the United States of America was 3.9, whereas in other sectors such as chemical manufacturing or mining support activities, the number was 2.4 and 2.3, respectively.

This high accident rate has a wide range of causes and stems from multiple variables. For example, there are various stressors at the vehicle maintenance worksite, which include the following: (i)

a noisy environment (Bejan et al., 2011; Dembe et al., 2005; Sorock et al., 2004); (ii) asbestos (Dotson, 2006; Cohen and Van Orden, 2008; Blake et al., 2008); and (iii) ergonomic conditions (Fredriksson et al., 2001; Vandergrift et al., 2011).

Although vehicle mechanics are exposed to a wide range of occupational risks, previous research has only focused on one risk type, and has not provided a comprehensive overview of the issue. More concretely, majority of the previous studies have centered on conventional combustion. However the rapid development and expansion of emerging automobile technologies has produced new occupational health and safety risks, which must also be considered.

Mechanics and workers employed in garages and repair shops generally have an elementary school education or have never finished high school. Many of them began working as apprentices and were trained on the job by more experienced staff. As a result, most of their skills were acquired on the job in practical “hands-on” contexts without any theoretical training (Barber, 2004; Hager, 1998). The recent appearance of new car technologies signifies that there is currently a scarcity of experts familiar with the unique design and characteristics of these vehicles. This lack of skilled personnel is a problem for the manufacturing and maintenance of these vehicles, but it is also a problem from the perspective of occupational health and safety.

^{*} Corresponding author.

E-mail addresses: investigacioncatedra@gmail.com (A. López-Arquillos), juro@uma.es (J.C. Rubio-Romero), suarez_c@uma.es (M. Suárez-Cebador), catedraprevencionrsc@gmail.com (M.C. Pardo-Ferreira).

This research study calculated the safety risk of various repair activities for these new types of vehicle. In this regard, the maintenance of hybrid, battery electric, and hydrogen fuel cell cars were analyzed with the binary method as well as the staticized group method.

2. Methodology

Within the framework of this research, a specific risk assessment method was selected, based on the results of previous studies. In the construction sector, there are currently several risk quantification methods of varying levels of complexity and application. For example, [Everett \(1999\)](#) studied ergonomic risks pertaining to 65 construction activities and rated each risk factor on a three-point scale (*insignificant*, *moderate*, and *high*). The objective of his study was to identify risks leading to injuries from overexertion.

The concept of *safety risk* is defined as the product of the frequency and severity by various authors ([Sun et al., 2008](#); [Baradan and Usmen, 2006](#)). [Hallowell et al. \(2011\)](#) and [Jannadi and Almishari \(2003\)](#) used a similar quantification method though enhanced with the component of exposure. The research study described in this paper used the binary method ([British Standard Institution, 1996](#)), in which unit risk is also the product of frequency and severity. *Frequency* is expressed in terms of worker hours per incident, whereas *severity* is defined in terms of impact to the worker per incident.

$$\text{UNIT RISK} \left(\frac{\text{severity}}{\text{work-hour}} \right) = \text{Frequency} \left(\frac{\text{incident}}{\text{work-hour}} \right) \times \text{Severity} \left(\frac{\text{severity}}{\text{incident}} \right) \quad (1)$$

After specifying the method of risk quantification, the next step was the selection of a suitable strategy to accomplish our research objectives. The two considered were the staticized groups research method and the Delphi method. The staticized group technique is similar to the Delphi method but differs from it in that it does not include feedback or iterations. When comparing the accuracy of both methods, various studies have reported that the staticized group method is more accurate than the Delphi method ([Best, 1974](#); [Rowe and Wright, 1996](#)), whereas other research found no substantial difference in the accuracy of the two methods ([Fischer, 1981](#); [Sniezek, 1990](#)). According to other studies, however, the Delphi method was found to be less accurate when there were many iterations ([Gustafson et al., 1973](#); [Boje and Murnighan, 1982](#)).

According to [Erffmeyer and Lane \(1984\)](#), the staticized group approach is preferable because panel members are less likely to arrive at a consensus on an incorrect value. Based on [Erffmeyer and Lane \(1984\)](#) as well as the previous research cited, the staticized group was thus considered to be the most suitable method for our study.

2.1. Panel members

In staticized groups, a key factor in the quality of the study is the selection of the experts. According to [Hallowell and Gambatese \(2010\)](#), the level of expertise is the most important facet of a panel member. They thus provide a set of guidelines that include a flexible point system for the selection of expert panel members. This point system was taken and adapted to the purposes of our study. [Table 1](#) shows the modified version of the point system, which was used to choose our panel of experts.

The authors contacted 30 international experts in occupational safety risk with experience in the automobile sector. After a review of the background and availability of these candidates, fourteen of

Table 1
Flexible point system for the selection of panel members.

Education and experience	Points
Bachelor in Engineering	4
Master in Engineering	6
Mechanical or electric background	3
PhD in Engineering	4
Master in Occupational Risk Prevention	4
Professional registration	3
Years of professional experience	1
Papers published in ISI journals	2
Author of a book in the field	4
Faculty member of an accredited university	3

them were pre-selected. These candidates came from eight high-profile companies in the automobile sector and four university engineering schools. In addition to the flexible point system requirements, only one expert per company or per university was selected in order to ensure diversity.

All panel members met the requirements in the guidelines proposed by [Hallowell and Gambatese \(2010\)](#), which meant that they scored a total of at least eleven points in four or more education or experience categories. Nevertheless, of the fourteen pre-selected candidates, there were ten that were finally chosen as the most suitable. The other four professionals were thus excluded from the panel.

The qualifications of the panel members were the following:

- **Master's Degree in Occupational Risk Prevention.** All panel members had this degree, which guaranteed their expertise in safety at work and occupational risk. This was found to be the most valuable qualification because it meant that the panel member had high-level training in occupational health and safety and thus possessed the necessary level of expertise to evaluate risks in vehicle maintenance.
- **Bachelor's/Master's Degree in Engineering.** This degree assured that the members had the necessary background in engineering. This was clearly relevant because automobile repair activities for new types of vehicle involve cutting-edge technology, and only by being familiar with technical issues could panel members make accurately evaluate the risks involved.
- **Extensive professional experience.** Between them, the panelists had a total of 96 years of experience in the automobile sector. These years of experience allowed panel members to assess risks on the basis of what they had actually seen at the workplace.

2.2. Research design

In order to obtain information regarding risk levels, a web-survey was designed and made available to the experts. The survey was limited to panel members, who were given a password to access the site. The web-survey expired after all the data were collected in the stipulated time period.

The following strategies were used to optimize experimental design and eliminate bias:

- The order of the questions and the potential safety risks in the survey were randomized for each panel member. This reduced the contrast effect as well as the primacy effect.
- Independent frequency and severity rates were implemented.
- The anonymity of each expert was ensured.

2.3. Survey design and content

The survey was initially divided into four vehicle maintenance categories. The first three categories were for vehicles powered by emerging technologies, and the fourth category referred to general vehicle repairs. Each of these categories was further divided into two subcategories: (i) activities and (ii) safety risks (Table 2).

The inventory of activities and safety risks was extracted from previous studies as well as from the repair manuals of car companies (CESVIMAP, 2003; Olszewski, 2011; Mitsubishi Motors Co., 2011; Nissan Motor Corporation, 2010; Toyota Motor Corporation, 2007; Honda Motor Company, 2005). These activities were evaluated by the expert panel in accordance with the binary method guidelines of the British Standard BS8800 (British Standard Institution, 1996). Experts were asked to give each activity a risk value ranging from 1 [Trivial Risk] to 5 [Intolerable Risk], taking into account the frequency of the risk and its severity in case of accident (Tables 3 and 4).

In regards to the safety risk, the panelists were asked to give their opinion on frequency rates and severity levels based on the scale in Tables 5 and 6. These scales, as formulated by Hallowell and Gambatese (2009), cover a wide spectrum of frequency and severity levels.

The scores for the safety risks were obtained by converting the frequency ratings from a range of values with units of incident per worker-hour and then multiplying them by the values on the severity scale (Hallowell and Gambatese, 2010). For example, if the expert rated the average frequency as 100–1000 w-h/incident, the mean value of 550 w-h/incident was identified and the inverted value 0.0018 (1/550 incident/w-h) was regarded as the frequency value for the risk and activity. The product of this frequency and severity rating, which ranged from 1 to 26.124, was the unit risk for the safety risk.

Then, experts were asked to evaluate the activities and risk according to their experience and knowledge for the most common working conditions, not according to the best or the worst conditions possible.

3. Results and discussion

3.1. General vehicle repair activities

In this subcategory, general vehicle maintenance operations not linked to a specific technology (e.g. car body, painting, and glasswork) were evaluated with the binary method guidelines of the British Standard Institution (1996). A total of 17 activities were studied by the experts.

As can be observed in Table 7, the most dangerous activity was handling asbestos. Although this problem is hardly a new one (Rohl et al., 1976), it has still not been solved (Blake et al., 2008; Kakooei and Marioryad, 2009). Welding operations were also given a high score. In contrast, glasswork, cleaning of car parts, measurements,

Table 2
Vehicle maintenance technology.

Maintenance category	Subcategories
Hybrid vehicle repairs	Activities Safety risk
Battery electric vehicle repairs	Activities Safety risk
Hydrogen fuel cell vehicle repairs	Activities Safety risk
General vehicle repairs	Activities Safety risk

Table 3
Risk level matrix.

		Severity		
		Slight	Harmful	Extremely harmful
Probability	Highly unlikely	Trivial risk (1)	Tolerable risk (2)	Moderate risk (3)
	Unlikely	Tolerable risk (2)	Moderate risk (3)	Substantial risk (4)
	Likely	Moderate risk (3)	Substantial risk (4)	Intolerable risk (5)

tune-ups, and inspections had the lowest values. Table 8 includes results about safety risk.

3.2. Hybrid vehicle technologies

In regards to hybrid technologies, safety risks were also assessed by the panel of experts (Table 9). Activities were evaluated by assigning a single value as the risk score for each activity (British Standard Institution, 1996), whereas the safety risk was calculated as the product of the frequency value and severity rating (Hallowell and Gambatese, 2009). The assembly/dismantling of the engine/electric generator and the assembly/dismantling of the transmission system were the two activities with the highest

Table 4
Risk level values.

Risk level	Score value
Trivial risk	1
Tolerable risk	2
Moderate risk	3
Substantial risk	4
Intolerable risk	5

Table 5
Frequency scale.

Worker hours per incident	Frequency score
>100 million	1
10–100 million	2
1–10 million	3
100,000–1 million	4
10,000–100,000	5
1000–10,000	6
100–1000	7
10–100	8
1–10	9
0.1–1	10

Table 6
Severity scale.

Subjective severity level	Severity score
Negligible	1
Temporary discomfort	2
Persistent discomfort	4
Temporary pain	8
Persistent pain	16
Minor first aid	32
Major first aid	64
Medical case	128
Lost work time	256
Permanent disablement	1024
Fatality	26,214

Table 7
General car repair activities.

Activity	Risk score	Median	Standard deviation
Handling of asbestos	4	4	1.054
Oxyacetylene welding	3.3	3	0.674
Resistance welding	3.2	3	0.788
Other welding methods	3.1	3	0.737
Handling of fuel tanks	3.1	3	0.994
Handling and cutting of sheet metal	2.9	3	0.875
Handling of airbags	2.9	3	1.100
Mechanical and thermal sheet iron repair	2.6	2.5	0.699
Assembly and dismantling operations	2.3	2	0.674
Handling of paints, cleaning of surfaces	2.2	2	0.788
Sanding operations	2.1	2	0.737
Paint application	2	2	0.816
Plastic repair	1.9	2	0.994
Charging and discharging of circuits	1.9	2	0.875
Glasswork	1.8	2	0.421
Cleaning of car parts	1.8	1.5	0.918
Measurements, tune-ups, and inspections	1.3	1	0.483

Table 8
Risk scores of general repair.

Safety risk	Risk score
Being struck with tools and equipment	0.582
Exposure to harmful substances	0.291
Noise	0.145
Dermatitis	0.116
Overexertion	0.058
Fall from height	0.018
Splashing	0.007
Airborne particles	0.006
Cutting	0.002
Burning	0.002
Electric shock	0.002
Fall at the same level	0.001
Thermal stress	0.001
Radiation	0.001

scores. On the other hand, the checking of the liquid refrigerant had the lowest value.

The safety risk associated with battery terminals received the highest score (Table 10). In this hybrid vehicle maintenance, the frequency of short-circuit risk is high. Evidently, an undesired contact can easily occur since the work is carried out with metal tools. In contrast, risk of explosion, fire, and toxic smoke obtained the lowest score. Despite the fact that this type of risk has a high value on the severity scale, its frequency score is very low. As corroborated by the experts, the risks associated with batteries in hybrid technologies are basically the same as those in battery

Table 9
Hybrid vehicle maintenance activities.

Activity	Risk score	Median	Standard deviation
Assembly/dismantling of the engine/electric generator	3.1	3	0.567
Assembly/dismantling of the transmission system	2.7	3	0.674
Checking of the electric isolation of the engine	2.3	2.5	0.823
Repair of mechanical car parts	2.3	2	0.483
Checking of electric resistance coil	2.1	2	1.100
Checking of hybrid transmission oil	1.9	2	0.737
Reconstruction of joints	1.7	2	0.674
Checking of liquid refrigerant	1.6	2	0.516

Table 10
Risk scores for hybrid vehicle maintenance.

Safety risk	Risk score
Battery terminals, short-circuit risk	0.486
Battery terminals, electric-arc risk in wet environments	0.476
Exposure to chemical substances	0.259
Temperature of materials	0.245
Battery temperature	0.234
Battery weight	0.070
Vapors from battery	0.059
Electrolyte projections	0.023
Explosion, fire, toxic smoke	0.002

electric vehicles. Consequently, these results are valid for both technologies.

3.3. Battery electric vehicle technologies

Five activities and fifteen safety risks were studied for battery electric automobiles. The results in Table 11 show that the lifting vehicles with traction batteries were considered the most dangerous activity, whereas the visual inspection of the traction battery was given the lowest score.

According to the expert panel (Table 12), electric shock during repair was the most dangerous safety risk (risk score = 0.672). However, the risk of electric shock at the beginning of the repair process was considered significantly lower (unit risk score = 0.019) than during subsequent maintenance phases. When asked about this difference in scores for the same risk, experts claimed that the maintenance and repair procedures of the manufacturers (Mitsubishi Motors Co., 2011; Nissan Motor Corporation, 2010; Toyota Motor Corporation, 2007; Honda Motor Company, 2005) clearly specify how to disable electrical systems at the beginning of the repair process. Consequently, the electrical risk at the beginning of maintenance is low. However, later on, this risk dramatically increases because mechanics may unexpectedly come in contact with damaged electrical equipment.

According to the experts, the risk of being struck by a car in movement is very high in the repair of battery electric cars. Although excess noise is often a stressor in vehicle maintenance, the absence of noise can also be a problem because electric engines are so silent that they give no warning when the car is approaching.

3.4. Maintenance activities of hydrogen fuel cell vehicles

Twelve activities and ten safety risks for hydrogen were identified for hydrogen fuel cell cars (Table 13). The installation/removal of liquid hydrogen tanks received the highest risk score (3.3). Other activities such as the checking and repairing of hydrogen losses (risk score = 3.1) and the installation/removal of hydrogen gas tanks (risk score = 2.9) were considered to have a similar level of risk in the opinion of the panel members. On the other hand, the

Table 11
Battery electric vehicle maintenance activities.

Activity	Risk score	Median	Standard deviation
Lifting of vehicles with traction batteries	2.7	2.5	0.823
Testing of electrical circuits, short search, referrals, and grounding inspection.	2.6	2	1.074
Testing voltage peak			
Checking of the voltage in the vehicle	2.3	2	0.948
Testing of connectors	2.2	2	0.918
Visual inspection of the traction battery	1.9	2	0.875

Table 12
Risk scores for battery electric vehicle maintenance.

Safety risk	Risk score
Electric shock caused by unexpected damaged component during repair procedures	0.672
Electric shock caused by wiring of high voltage	0.579
Being struck by moving cars with silent engines	0.571
Electric shock caused by fire extinction with water	0.499
Electromagnetic risk for pacemaker	0.373
Electric shock caused by the removal of high-voltage service switch	0.354
Electric shock while downloading high-density capacitor	0.288
Electric shock activating the H/T system for timers start of charging or A/C	0.233
Electric shock caused by auxiliary battery disconnection in the process of loading	0.122
Airbags, risk of activation after disconnection from the H/T system	0.119
Electric shock caused by damaged traction batteries	0.059
Electric shock caused by machine diagnostic connector (SAE J1962)	0.026
Electric shock at beginning of repairs	0.019
Traction batteries damaged, exposure to chemicals	0.005
Traction batteries damaged, splashing at high temperatures	0.002

checking and repairing of the ground connection from circuit hydrogen (risk score = 2) and the testing and calibration of sensors for detecting hydrogen (risk score = 1.9) were given the lowest values.

As occurred with battery electric vehicles, the safety risks linked to electric shock were regarded as the highest risks (Table 14). Electric shock from the fuel cell obtained the highest score (0.524). In contrast, air condensation in the valves had the lowest one (0.008).

3.5. Comparison of results

As can be observed in the scores from Table 15, the highest-risk activities were the handling of asbestos, and welding, respectively. These activities are classified as general repair procedures since they are associated with combustion engines. Regarding activities specific of emerging technologies, the installation/removal of liquid hydrogen tanks and the assembly/dismantling of engine/electric generators are third and fifth on the list.

Table 16 ranks the safety risks for vehicle maintenance activities. The greatest safety risk during this research was found to be electric

Table 13
Maintenance activities for hydrogen fuel cell vehicles.

Activity	Risk score	Median	Standard deviation
Installation/removal of liquid hydrogen tanks	3.3	3	0.674
Checking and repair of hydrogen losses	3.1	3	0.875
Installation/removal of hydrogen gas tanks	2.9	3	0.737
Checking of the internal damage deposit	2.8	3	0.788
Presence of air in hydrogen repaired circuits	2.7	3	0.948
Checking and replenishment of the liquid refrigerant in the battery	2.6	2.5	0.966
Checking and repair of the air filter of the battery	2.3	2	0.948
Checking of external tank damage	2.3	2	1.059
Checking and repair of the fan stack	2.2	2	0.632
Cleaning of tanks with soaps/solvents	2.2	2	1.032
Checking and repair of the ground connection from circuit hydrogen	2	2	0.471
Testing and calibration of sensors for detecting hydrogen	1.9	2	0.737

Table 14
Risk scores for hydrogen fuel cell vehicle maintenance.

Safety risk	Risk score
Electric shock in the fuel cell	0.524
Grounding of the hydrogen circuit, static electricity	0.497
Liquid hydrogen tanks, evaporation of hydrogen atmospheres	0.495
Explosive atmospheres	0.378
Liquid hydrogen tanks, freezing, cryogenic burns, hypothermia	0.233
Hydrogen tanks (gas and liquid) leak	0.206
Battery terminals, arc flash hazard in high humidity environments	0.100
Hydrogen fires (flames are transparent)	0.028
High concentrations of hydrogen and oxygen displacement, asphyxia	0.012
Liquid hydrogen tanks, air condensation in the valves	0.008

shock during the repair of battery electric cars (risk score = 0.672). The next most serious risk was being struck with tools and equipment (a general repairs activity) though this risk had a somewhat lower value of 0.582. As can be observed, the third greatest risk was being struck by moving cars with silent engines. However, this is not only a danger for mechanics at the vehicle maintenance workplace, but also for pedestrians and cyclists on the road. Fifth on the list is the first safety risk linked to hydrogen fuel cell cars, electric shock in the fuel cell, with a score of 0.524.

As can be observed in scores from Table 17 general repairs and hydrogen fuel cell technologies obtained the highest total risk scores of their activities. Similarly, they obtained the highest averages risk scores per activity. On the opposite, hybrid and battery electric obtained the lowest values. Although differences between total risk values were important, the differences between averages per activity were low.

4. Conclusions

The risk values obtained in this research can be used as a tool to assess risks in automobile repair workshops. Emerging technologies and vehicle maintenance worksites bring new safety issues to the forefront, which are the result of using new equipment, devices and tools. The safety topics discussed in this paper can facilitate risk management in vehicle maintenance activities. As for preventive measures, resources are always limited and thus must be managed efficiently. The managers and supervisors of automobile workshops must first identify the most dangerous activities and their risks to worker safety and health. This is the first step in prioritizing preventive measures, based on a coherent scale of needs.

The classification in our study, as based on the scores given by expert panel members, places the following activities at the top of the safety risk list: electric shock during repair, wiring of high voltage, being struck by moving cars with silent engines, and electric shock from the fuel cell. Accordingly, special attention and effective preventive measures are urgently needed to reduce these safety risks. Special training as well as the elaboration of detailed protocols are effective ways of preventing electric shock during the repair and wiring of high voltage. Depending on the electric power of the automobile, different skills and qualifications should be required of the workers. In consequence, only authorized workers who have received suitable training in electricity should be exposed to the risk associated with this type of maintenance activity. In regards to the danger of workers being stuck by moving cars with silent engines, an obvious preventive measure would be to install a noise source that would warn people when the car was approaching.

Similarly, the handling of asbestos, welding activities, assembly/dismantling of the engine/electric generator, and the installation/removal of liquid hydrogen tanks were all evaluated as high-risk

Table 15
Risk scores for vehicle maintenance activities.

N°	Activity	Risk score	Car technology
1	Handling of asbestos	4	General repairs
2	Oxyacetylene welding	3.3	General repairs
3	Installation/removal of liquid hydrogen tanks	3.3	Hydrogen fuel cell
4	Resistance welding	3.2	General repairs
5	Assembly/dismantling of engine/electric generators	3.1	Hybrid
6	Other welding methods	3.1	General repairs
7	Handling of fuel tanks	3.1	General repairs
8	Checking and repair of hydrogen losses	3.1	Hydrogen fuel cell
9	Handling and cutting of sheet iron	2.9	General repairs
10	Handling of airbags	2.9	General repairs
11	Installation/removal of hydrogen gas tanks	2.9	Hydrogen fuel cell
12	Checking of the internal damage deposit	2.8	Hydrogen fuel cell
13	Assembly/dismantling of transmission system	2.7	Hybrid
14	Lifting of vehicle with traction batteries	2.7	Battery electric
15	Presence of air in hydrogen repaired circuits	2.7	Hydrogen fuel cell
16	Mechanical and thermal sheet iron repair	2.6	General repairs
17	Testing of electrical circuits, short search, referrals, grounding inspection. Testing of voltage peak	2.6	Battery electric
18	Checking and replenishment of liquid refrigerant	2.6	Hydrogen fuel cell
19	Assembly and dismantling operations	2.3	General repairs
20	Checking of engine electric isolation	2.3	Hybrid
21	Repair of engine parts	2.3	Hybrid
22	Checking of the electric resistance coil	2.3	Hybrid
23	Checking of the electrical current in the vehicle	2.3	Battery electric
24	Checking and repair of the battery air filter	2.3	Hydrogen fuel cell
25	Handling of paint, cleaning of surfaces	2.2	General repairs
26	Testing of connectors	2.2	Battery electric
27	Checking of external tank damage	2.2	Hydrogen fuel cell
28	Checking and repair of the fan stack	2.2	Hydrogen fuel cell
29	Sanding operations	2.1	General repairs
30	Paint application	2	General repairs
31	Cleaning of tanks with soaps/solvents	2	Hydrogen fuel cell
32	Checking and repair of the ground connection and of the hydrogen circuit	2	Hydrogen fuel cell
33	Plastic repair	1.9	General repairs
34	Charging and discharging of circuits	1.9	General repairs
35	Checking of hybrid transmission oil	1.9	Hybrid
36	Visual inspection of the traction battery	1.9	Battery electric
37	Testing and calibration of sensors for detecting hydrogen	1.9	Hydrogen fuel cell
38	Glasswork	1.8	General repairs
39	Cleaning of vehicle parts	1.8	General repairs
40	Reconstruction of joints	1.7	Hybrid
41	Checking of liquid refrigerant	1.6	Hybrid
42	Measurements, tune-ups, and inspections	1.3	General repairs

activities. Even though the risks stemming from asbestos could easily be dealt with by prohibiting its use in automobiles, in certain countries, this material is still allowed, and thus, it is a component of many vehicles. Alternatively, material-specific protocols could be implemented that would improve the occupational health and safety levels of the workers who must handle asbestos. In the same way, specific procedures for the installation or removal of liquid hydrogen tanks as well as an ATEX evaluation would improve the safety of these activities.

It cannot be concluded that one technology is safer than other one because results do not include workers exposure, but activities of maintenance in hydrogen fuel cell cars obtained the highest scores per activity, and this could mean highest risk for this emerging technology if the exposure values of the workers were similar to other technologies.

The design and implementation of these and other preventive measures that would decrease risks and thus have a positive impact on the occupational health and safety in the vehicle maintenance sector will be the focus of future.

4.1. Limitations of the study

One of the limitations of this study was that it did not include the exposure (worker-hours) to the hazards. Evidently, the total risk

value depends on the magnitude and length of exposure. This is directly related to the work schedule of mechanics and the distribution of tasks in the workshop.

$$\begin{aligned} \text{TOTAL RISK(severity)} &= \text{Frequency} \left(\frac{\text{accident}}{\text{work-hour}} \right) \\ &\times \text{Severity} \left(\frac{\text{severity}}{\text{accident}} \right) \\ &\times \text{Exposure}(\text{work-hour}) \end{aligned} \quad (2)$$

If the exposure is low, but the unit risk is high, then the total risk may be low compared to the exposure of the workers to other activities. Similarly, if the exposure is high but the unit risk is low, then the total risk may be high in comparison to the other activities. Since exposure data would improve the accuracy of the results, it will be a factor considered in further researches.

Other limitation of the research was that risk levels have been evaluated for the case of a common mechanic worker. Specific factors with possible influence in the frequency and severity of accidents as training, age, gender, experience and others were not possible to be considered due to the general scope of the research. Specific factors should be considered in specific future studies.

Table 16
Ranking of safety risks associated with emerging vehicle technologies.

Nº	Safety risk	Risk score	Car technology
1	Electric shock caused by unexpected damaged component during repair procedures.	0.672	Battery electric
2	Being struck with tools and equipment	0.582	General repairs
3	Electric shock caused by wiring of high voltage	0.579	Battery electric
4	Being struck by moving cars with silent engines	0.571	Battery electric
5	Electric shock in the fuel cell	0.524	Hydrogen fuel cell
6	Electric shock caused by fire extinction with water	0.499	Battery electric
7	Grounding of the hydrogen circuit, static electricity	0.497	Hydrogen fuel cell
8	Liquid hydrogen tanks, evaporation of hydrogen atmospheres	0.495	Hydrogen fuel cell
9	Battery terminals, short circuit risk	0.486	Hybrid
10	Battery terminals, electric arc risk in wet environments	0.476	Hybrid
11	Explosive atmospheres	0.378	Hydrogen fuel cell
12	Electromagnetic risk for pacemaker	0.373	Battery electric
13	Electric shock caused by the removal of high-voltage service switch	0.354	Battery electric
14	Exposure to harmful substances	0.291	General repairs
15	Electric shock while downloading high-density capacitor	0.288	Battery electric
16	Exposure to chemical substances	0.259	Hybrid
17	Temperature of materials	0.245	Hybrid
18	Battery temperature	0.234	Hybrid
19	Liquid hydrogen tanks, freezing, cryogenic burns, hypothermia	0.233	Hydrogen fuel cell
20	Electric shock activating the H/T system for timers start of charging or A/C	0.233	Battery electric
21	Gas or liquid leak in the hydrogen tank	0.206	Hydrogen fuel cell
22	Noise	0.145	General repairs
23	Electric shock caused by auxiliary battery disconnection in the process of loading	0.122	Battery electric
24	Airbags, risk of activation after disconnection from the A/T	0.119	Battery electric
25	Dermatitis	0.116	General repairs
26	Battery terminals, arc flash hazard in high humidity environments	0.100	Hydrogen fuel cell
27	Battery weight	0.070	Hybrid
28	Electric shock caused by damaged traction batteries	0.059	Battery electric
29	Vapors from battery	0.059	Hybrid
30	Overexertion	0.058	General repairs
31	Hydrogen fires (flames are transparent)	0.028	Hydrogen fuel cell
32	Electric shock caused by machine diagnostic connector (SAE J1962)	0.026	Battery electric
33	Electrolyte projections	0.023	Hybrid
34	Electric shock, beginning of repair process	0.019	Battery electric
35	Fall from height	0.018	General repairs
36	High concentrations of hydrogen and oxygen displacement, asphyxia	0.012	Hydrogen fuel cell
37	Liquid hydrogen tanks, air condensation on the valves	0.008	Hydrogen fuel cell
38	Splashing	0.007	General repairs
39	Airborne particles	0.006	General repairs
40	Damaged traction batteries, exposure to chemicals	0.005	Battery electric
41	Cutting	0.002	General repairs
42	Burning	0.002	General repairs
43	Electric shock	0.002	General repairs
44	Explosion, fire, toxic smoke	0.002	Hybrid
45	Damaged traction batteries, splashing at high temperatures	0.002	Battery electric
46	Fall at the same level	0.001	General repairs
47	Thermal stress	0.001	General repairs
48	Radiation	0.001	General repairs

4.2. Impact on the industry

The results and conclusions of this research can be used by automobile repair companies in various ways. More specifically, managers, safety supervisors, and mechanics can improve preventive measures for associated risks with specific activities studied and valorated by experts. Moreover, managers can estimate the exposure time for each mechanic, based on the work schedule, and thus calculate the total risk. This calculation can be made by

considering the job profiles at the workplace and the tasks associated with them. Automobile repair companies can use the results of this study in their safety training programs and also to formulate occupational safety strategies.

Acknowledgments

Authors would like to thank the expert panels, and the members from the Power E-Mobility accelerator for their time and for their significant contributions to this study.

Table 17
Comparison of technologies according activities scores.

Technologies	Activities		
	Number of activities evaluated	Total risk score	Average of risk per activity
General repairs	17	42.4	2.49
Hybrid	8	17.7	2.21
Battery electric	5	11.7	2.34
Hydrogen fuel cell	12	30.3	2.53

References

- Baradan, S., Usmen, M., 2006. Comparative injury and fatality risk analysis of building trades. *J. Constr. Eng. Manag.* 132 (5), 533–539.
- Barber, J., 2004. Skill upgrading within informal training: lessons from the Indian auto mechanic. *Int. J. Train. Dev.* 8 (2), 128–139.
- Bejan, A., Brosseau, L.M., Parker, D., 2011. Exposure assessment in auto collision repair shops. *J. Occup. Environ. Hyg.* 8 (7), 401–408.
- Best, R.J., 1974. An experiment in Delphi estimation in marketing decision. *J. Mark. Res.* 11, 448–452.

- Blake, C.L., Dotson, G.S., Harbison, R.D., 2008. Evaluation of asbestos exposure within the automotive repair industry: a study involving removal of asbestos-containing body sealants and drive clutch replacement. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 52, 324–331.
- BLS. Bureau of Labor Statistics, 2011. Workplace Injuries And Illnesses – 2011. http://www.bls.gov/news.release/archives/osh_10252012.pdf.
- Boje, D.M., Murnighan, J.K., 1982. Group confidence pressures in iterative decisions. *Manag. Sci.* 28, 1187–1196.
- British Standard Institution, 1996. Guide to Occupational Health and Safety Management Systems. BS 8800.
- CESVIMAP. Centro de Experimentación y Seguridad Vial MAPFRE, 2003. Manual de prevención de riesgos en talleres de automóviles, 3ª ed. Fernández Ciudad, S.L., Avila, Castilla y León.
- Cohen, H.J., Van Orden, D.R., 2008. Asbestos exposures of mechanics performing clutch service on motor vehicles. *J. Occup. Environ. Hyg.* 5 (3), 148–156.
- Dembe, A., Erickson, J., Delbos, R., Banks, S., 2005. The impact of overtime and long work hours on occupational injuries and illnesses: new evidence from the United States. *Occup. Environ. Med.* 62, 588–597.
- Dotson, G.S., 2006. Characterization of Asbestos Exposure Among Automotive Mechanics Servicing and Handling Asbestos-containing Materials (Graduate School theses and dissertations). University of South Florida, United States of America. <http://scholarcommons.usf.edu/etd/2506>.
- Erfmeyer, R.C., Lane, I.M., 1984. Quality and acceptance of an evaluative task: the effects of four group decision-making formats. *Group Organ. Stud.* 9 (4), 509–529.
- Everett, J.G., 1999. Overexertion injuries in construction. *J. Constr. Eng. Manag.* 125 (2), 109–115.
- Fischer, G.W., 1981. When oracles fail – a comparison of four procedures for aggregating subjective probability forecasts. *Organ. Behav. Hum. Perform.* 28, 96–110.
- Fredriksson, K., Bildtc, C., Hägga, G., Kilboma, Å., 2001. The impact on musculo-skeletal disorders of changing physical and psychosocial work environment conditions in the automobile industry. *Int. J. Ind. Ergon.* 28, 31–45.
- Gustafson, D.H., Shukla, R.K., Delbecq, A., Walster, G.W., 1973. A comparison study of differences in subjective likelihood estimates made by individuals, interacting groups, Delphi groups and nominal groups. *Organ. Behav. Hum. Perform.* 9, 280–291.
- Hager, P., 1998. Recognition of informal learning: challenges and issues. *J. Vocat. Educ. Train.* 50 (4), 521–535.
- Hallowell, M.R., Esmaeili, B., Chinowsky, P., 2011. Safety risk interactions among highway construction work tasks. *Constr. Manag. Econ.* 29 (4), 417–429.
- Hallowell, M.R., Gambatese, J.A., 2009. Activity-based safety risk quantification for concrete formwork construction. *J. Constr. Eng. Manag.* 135 (10), 990–999.
- Hallowell, M.R., Gambatese, J.A., 2010. Qualitative research: application of the Delphi method to CEM research. *J. Constr. Eng. Manag.* 136, 99–107.
- Honda Motor Company, 2005. Honda Insight Repair Manual, 1ª ed.
- Jannadi, O., Almishari, S., 2003. Risk assessment in construction. *J. Constr. Eng. Manag.* 129 (5), 492–500.
- Kakooei, H., Marioryad, H., 2009. Evaluation of exposure to the airborne asbestos in automobile brake and clutch manufacturing industry in Iran. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 56, 143–147.
- Mitsubishi Motors Co, 2011. Mitsubishi I-MIEV Emergency Response Guide.
- Nissan Motor Corporation, 2010. Nissan Leaf Model ZEO Series Repair Manual, 1ª ed.
- Olszewski, M., 2011. Evaluation of the 2010 Toyota Prius Hybrid Synergy Drive System. Oak Ridge National Laboratory, Estados Unidos.
- Rohl, A.N., Langer, A.M., Wolf, M.S., Weisman, I., 1976. Asbestos exposure during brake lining maintenance and repair. *Environ. Res.* 12, 110–128.
- Rowe, G., Wright, G., 1996. The impact of task characteristics on the performance of structured group forecasting techniques. *Int. J. Forecast.* 12, 73–89.
- Snizek, J.A., 1990. A comparison of techniques for judgmental forecasting by groups with common information. *Group Organ. Stud.* 15 (1), 5–19.
- Sorock, G., Lombardi, D., Hauser, R., Eisen, E., Herrick, R., Mittleman, M., 2004. Case-crossover study of transient risk factors for transitional acute hand injury. *Occup. Environ. Med.* 61, 305–311.
- Sousanis, J., 2011. World Vehicle Population Tops 1 Billion. Wards Automotive Group, Inc.
- Sun, Y., Fang, D., Wang, S., Dai, M., 2008. Safety risk identification and assessment for Beijing Olympic venues construction. *J. Constr. Eng. Manag.* 24 (1), 40–47.
- Toyota Motor Corporation, 2007. Toyota Prius 2006 Repair Manual, 1ª ed. Technical Information System, Estados Unidos.
- Vandergrift, J.L., Gold, J.E., Hanlon, A., Punnett, L., 2011. Physical and psychosocial ergonomic risk factors for low back pain in automobile manufacturing workers. *Occup. Environ. Med.* 69 (1), 29–34.

Antonio López-Arquillos (MSc, ENg) is an industrial engineer specialized in industrial organization. He obtained his degree from the School of Industrial Engineering at the University of Málaga. He has a Master's Degree in Occupational Risk Prevention and now has a full-time research grant. He is a member of the Department of Prevention and Corporate Social Responsibility at the University of Málaga and belongs to the research group Operations and Sustainability: Quality, CIT and Risk Prevention at Work. He is currently writing his PhD thesis on health and safety in the construction sector.

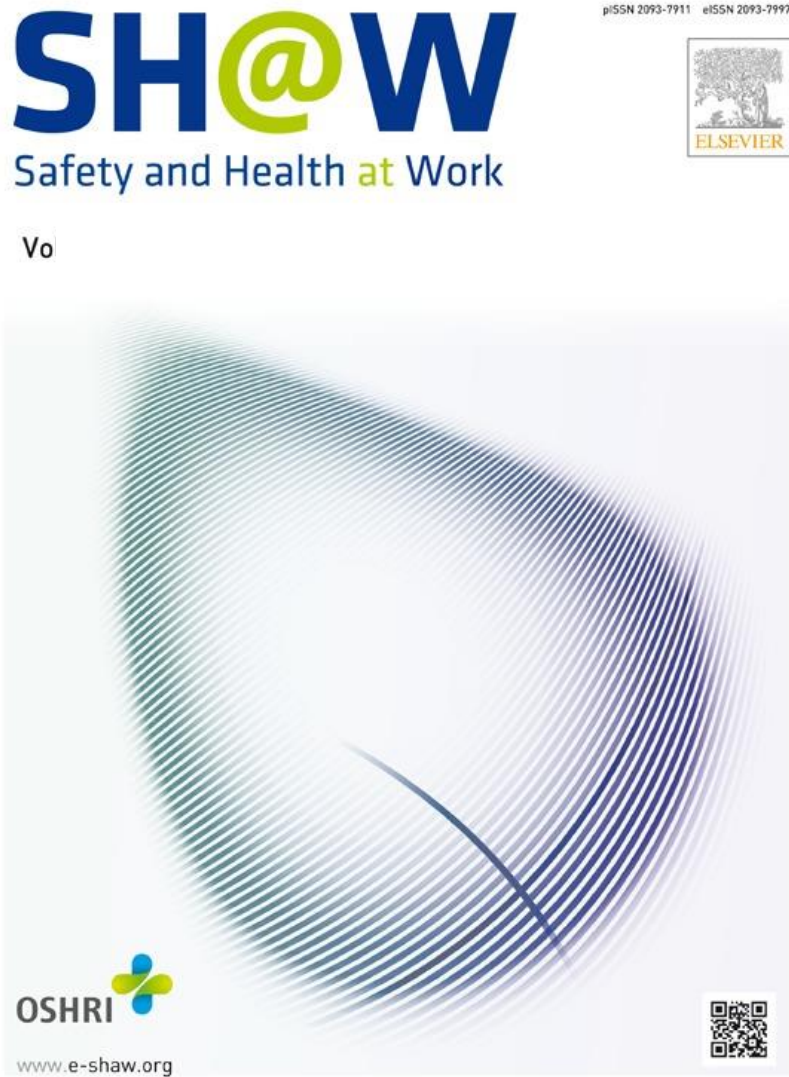
Juan Carlos Rubio-Romero (PhD, MSc, ENg) is an industrial engineer and Associate Professor in safety at work at the School of Industrial Engineering of the University of Málaga. He received his PhD in 2000 in Occupational Health and Safety in Industry and currently is the director of the Department of Prevention and Corporate Social Responsibility at the University of Málaga. He also directs the research group, Operations and Sustainability: Quality, CIT and Risk Prevention at Work. Dr Rubio has spent more than 14 years doing research on occupational health and safety and has published various books and papers on the management of workplace health and safety in industry and construction.

Manuel Suarez-Cebador has a PhD and is an Electrical Engineer and Industrial Organization Engineer. He got his doctorate in 2011 in management and development of electrical infrastructure. Currently he is Associate Lecturer in "Safety at work" in the University of Málaga and he is also working in a Research Group "Operations and Sustainability: Quality, TICs and Risk Prevention at Work".

María del Carmen Pardo-Ferreira is an Electronic Engineer. She is a member of the Department of Prevention and Corporate Social Responsibility at the University of Málaga and belongs to the research group Operations and Sustainability: Quality, CIT and Risk Prevention at Work.

6.2 PUBLICACIÓN II

Analysis of workplace accidents in automotive repair workshops in Spain. (Safety and Health at Work). In Press





Contents lists available at ScienceDirect

Safety and Health at Work

journal homepage: www.e-shaw.org

Original Article

Analysis of Workplace Accidents in Automotive Repair Workshops in Spain

Antonio López-Arquillos^{*,☆}, Juan Carlos Rubio-Romero[☆]

Cátedra de Prevención y Responsabilidad Social Corporativa, Departamento de Economía y Administración de Empresas, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Málaga, Málaga, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 4 December 2015
Received in revised form
17 January 2016
Accepted 28 January 2016
Available online xxx

Keywords:

accident
automotive maintenance
injury
occupational safety
workshop

ABSTRACT

Background: To analyze the effects of the factors associated with different types of injury (superficial wounds, dislocations and sprains, bone fractures, concussion and internal injuries, burns scalding and freezing) caused by occupational accidents in automotive repair workshops.

Methods: Study of a sample consisting of 89,954 industry accidents reported from 2003 to 2008. Odds ratios were calculated with a 95% confidence interval.

Results: Belonging to a small company is a risk factor for suffering three of the five types of injury studied. Women are less likely to suffer burns and superficial wounds, and more likely to suffer dislocations or sprains. Foreign workers are more likely to suffer concussion and internal injuries.

Conclusion: Health and safety strategies and accident prevention measures should be individualized and adapted to the type of worker most likely to be injured in each type of accident. Occupational health and safety training courses designed according to worker profile, and improving the participation of the workers in small firms creating regional or roving safety representatives would improve working conditions.

Copyright © 2016, Occupational Safety and Health Research Institute. Published by Elsevier. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introduction

Prevention of injuries from occupational accidents is a public priority [1], and accordingly several studies on this issue have been conducted in Spain. These studies have focused on different aspects, such as trends over time for fatal injuries caused by occupational accidents across all sectors [2], or the risk of foreign workers suffering occupational accidents [3].

Much research has been done into occupational accidents in hazardous and economically important sectors such as the construction industry [4–6], but, although vehicle repair is an important global economic activity, this sector has been the target of far fewer studies on workplace health and safety than the aforementioned construction industry.

In the United States, 3.9 out of every 100 full-time workers employed in the automotive repair and maintenance sector in 2011 suffered some kind of nonfatal occupational accident or illness, according to data from the Bureau of Labor and Statistics [7]. The

accident rate for this industry was higher than that reported by other, apparently more hazardous, sectors such as support activities for mining or the chemical industry, which had rates of 2.3 and 2.4 per 100 workers, respectively [7].

The sector's high accident rate is associated with several different variables, and in their day-to-day activity workers from the sector are exposed to many different risk factors such as high noise levels [8–10], asbestos [11–13], or ergonomic conditions [14,15]. Although some of these risks are classified as hygienic risks and they are associated with occupational diseases, previous research [16] demonstrated that there were strong relationships between hygiene conditions and occupational accidents. They showed that poor hygienic conditions duplicate the probability of accident [16]. Majority of the previous scientific researches found about occupational health and Safety in the automotive repair and maintenance sector were located in the United States. In Europe, there is a lack of scientific publications about the topic; however, there are some professional guides about cited risks as the guide

* Corresponding author. C/Doctor Ortiz Ramos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Málaga, 29071 Málaga, Spain.

E-mail address: investigacioncatedra@gmail.com (A. López-Arquillos).

☆ The authors have made substantial contributions to the study in terms of concept and design, requesting accident data from the Ministry of Employment and Social Security, processing and interpreting these data using SPSS 19, and both writing and conducting critical reviews of the article. They also approved the final version.

proposed by the Health and Safety Executive [17], and the training guide for assessing the risk in cars repair workshops [18] proposed in the TRIA project, coordinated by Cyprus Workers' Confederation. In Spain, there are more examples of risk assessment guides, such as that edited by the Centro de Experimentación y Seguridad Vial MAPFRE (CESVIMAP) [19], or the manual proposed by the Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [20].

It is remarkable that the Spanish Ministry of Employment registered 89,954 occupational accidents in the sector over the 2003 to 2008 period, leading to varying degrees of injury. Therefore, accidents in the sector are not a minor problem. Although it was not possible to obtain the disaggregate data of accidents the sector in order to calculate specific incidence rates, only the total number of accidents should be a reason to study and address the problem of the accidents in this sector more deeply.

The aim of this study is to analyze the effects of the factors associated with different types of injury (superficial wounds; dislocations and sprains; bone fractures; concussion and internal injuries; burns, scalding, and freezing) caused by occupational accidents in automotive repair workshops.

2. Materials and methods

2.1. Data collection of accident reports

Since 2003, it has been mandatory in Spain to register online all occupational accidents resulting in sick leave lasting 1 day or more (ORDER TAS/2926/2002, of November 19, establishing the new models for notifying occupational accidents and enabling these to be transmitted electronically). Accidents must be reported over the Delt@ electronic system by filling in an Official Occupational Accident Report. For the purpose of this study, the Ministry of Employment and Social Security provided us with 89,954 occupational accident reports corresponding to all the accidents reported from the automotive repair and maintenance sector (Classification of Economic Activities) between 2003 and 2008. This number represents the total amount of accidents reported in Spain in the cited period. Before 2003, not all accidents were reported digitally using the electronic system Delt@, because it was possible to report the accident alternatively using the official hard copy form. After 2008, Spanish Classification of Economic Activities codes were modified. Although cited codes changed, the majority of maintenance activities are similar in current times, and mechanical configuration of automobiles have not changed substantially. Cars with emergent technologies only represent a small percentage of the total vehicle population in Spain. A proof of that is that only 2% of new cars sold in 2015 in the country were hybrid or electric [21]. Also, emergent technologies do not affect maintenance of common elements as tires or bodywork. These are the main reasons for the period studied being limited to between 2003 and 2008.

The Ministry removed all personal data from the accident reports. Despite the statutory obligation to report accidents, some might not have been notified as required by prevailing regulations, leaving them with no official record.

2.2. Study variables

We used the *injury description code* variable, based on the first two digits of the main injury groups listed in accident reports, in order to measure the effect of different variables on different types of injury. The percentages of workers injured based on the description of the injury was as follows: superficial wounds and injuries (41.2%); dislocations, sprains, and strains (38.8%); bone fractures (6.2%); concussion and internal injuries (5.3%); and burns, scalding, and freezing (2.0%). Injuries accounting for less than 2% of

the total number of accidents were not analyzed. Overall, the percentage of injury descriptions studied encompassed 93.5% of all accidents.

Once the accidents had been grouped by injury description, different variables were chosen to determine how they affected different types of accident. The selection of the variables was based on the research conducted by Camino López et al [6]. In a preliminary approach we analyzed all variables ($n = 57$) included in the accidents records elaborating their contingency tables. Variables for which the majority of values in their contingency tables did not reach a statistical significance were rejected for current research. Finally, we chose the 11 variables which were statistically superior.

The variables studied were subdivided into three groups, according to whether they were worker, company, or accident description variables.

- **Worker variables:** Describe the profile of the injured worker. This group includes the variables sex, nationality, and employment situation (employed by a company vs. others, such as self-employment, or other special regimes).
- **Company variables:** Describe organizational aspects of the company. This group includes the size of the company (workforce), whether it conducts compulsory general risks assessments, its health and safety organization (outsourced prevention service or other prevention management system), and whether it worker who suffered the accident was recruited through temporary employment agencies.
- **Accident description variables:** Include variables related to the circumstances under which the accident occurred, such as whether it occurred in the worker's usual workplace, if more than one worker was affected, if accident occurred on Monday or not, or whether the worker was performing their usual job at the time of the accident.

2.3. Statistical analysis

Logistic regression model is a methodology used frequently in cohort studies and clinical trials. The model provides the odds ratios (ORs) for the disease or injury in those individuals who have suffered exposure to some specific variable with respect to those individuals who have not been exposed [22]. In the current research, the strength of relationship between the variables and the type of injury was measured using adjusted ORs and their 95% confidence intervals (CI). Independency of each variable was tested using Chi-square test. The data were analyzed statistically using SPSS version 19 (SPSS, Chicago, IL, USA).

3. Results

Results obtained are shown in Tables 1 and 2. In the following subsections the most remarkable results are highlighted.

3.1. Superficial wounds

Superficial wounds were significantly and independently associated with male sex (OR = 2.206; 95% CI, 2.02–2.409), with workers employed by companies (OR = 1.306; 95% CI, 1.143–1.491), with companies that used temporary employment agencies (OR = 1.885; 95% CI, 1.113–3.192), with the usual workplace (OR = 2.055; 95% CI, 1.965–2.149), and with the usual job (OR = 1.55; 95% CI, 1.472–1.633). It is also remarkable that accidents with more than one worker affected were significantly and

Table 1
Odds ratio (OR) values obtained in each injury

Variable	Variable value	Superficial wounds OR	Dislocations and sprains OR	Bone fractures OR	Concussion and internal injuries OR	Burns, scalding and freezing OR
Sex	Male	2.206	0.493	0.996	0.905	2.627
	Female	1	1	1	1	1
Nationality	Spanish	0.805	1.175	1.074	1.122	0.853
	Foreign	1	1	1	1	1
Employee or other	Employed by company	1.306	1.068	0.492	1.017	0.663
	Others	1	1	1	1	1
Workforce	≤ 5	1.117	0.804	1.289	0.906	1.376
	> 5	1	1	1	1	1
Risk assessment	Yes	0.892	1.032	1.096	1.082	1.032
	No	1	1	1	1	1
H&S organization	Outsourced H&S	0.94	1.054	1.114	0.918	1.226
	Other H&S system	1	1	1	1	1
Temporary employment agencies	Yes	1.885	0.952	0.703	1.889	0.328
	No	1	1	1	1	1
Place of accident	Usual workplace	2.055	0.733	0.528	0.939	2.673
	Outside usual workplace	1	1	1	1	1
Number of workers injured	> 1	0.635	1.272	0.963	0.894	2.055
	1	1	1	1	1	1
Monday	Yes	0.883	1.189	0.843	1.077	0.826
	No	1	1	1	1	1
Usual job	Yes	1.55	0.776	0.702	0.926	2.115
	No	1	1	1	1	1

H&S, health and safety.

independently associated with a lower probability to superficial wounds (OR = 0.635; 95% CI, 0.523–0.770).

3.2. Dislocations and sprains

Dislocations and sprains, meanwhile, were statistically significantly and independently associated with Spanish nationality (OR = 1.175; 95% CI 1.121–1.231), with more than one worker injured (OR = 1.272; 95% CI 1.063–1.522), and with the accident occurring on Monday (OR = 1.189; 95% CI, 1.153–1.226). Monday, and not other days of the week, as a risk factor for this type of injury is consistent with the so-called Monday syndrome studied in the scientific

literature [23]. In contrast, male sex was reported as a protective factor in this kind of injury (OR = 0.496; 95% CI, 0.456–0.532).

3.3. Bone fractures

Bone fractures are associated significantly and independently to a greater extent with companies with five or fewer workers (OR = 1.289; 95% CI, 1.219–1.362), and with companies that outsource their health and safety organization (OR = 1.114; 95% CI, 1.047–1.186). By contrast, workers employed by a company (OR = 0.492; 95% CI, 0.403–0.599) and workers in their usual workplace (OR = 0.528) have lower probability of suffering bone fractures.

Table 2
Number and percentage of injured per category

Variable	Variable value	Superficial wounds	Dislocations and sprains	Bone fractures	Concussion and internal injuries	Burns, scalding and freezing	Overall
Sex	Male	36,425 (98.2)	33,408 (95.6)	5,391 (96.9)	4,576 (96.7)	1,735 (98.8)	87,215 (97.0)
	Female	672 (1.8)	1,527 (4.4)	170 (3.1)	158 (3.3)	21 (1.2)	2,739 (3.0)
Nationality	Spanish	33,240 (89.6)	31,969 (91.5)	5,074 (91.2)	4,335 (91.6)	1,568 (89.3)	81,581 (90.7)
	Foreign	3,857 (10.4)	2,966 (8.5)	487 (8.8)	399 (8.4)	188 (10.7)	8,373 (9.3)
Employee or other	Employed by company	36,759 (99.1)	34,575 (99.0)	5,448 (98.0)	4,684 (98.9)	1,728 (98.4)	87,372 (97.1)
	Others	338 (0.9)	360 (1.0)	113 (2.0)	50 (1.1)	28 (1.6)	2,582 (2.9)
Workforce	≤ 5	13,542 (36.5)	11,185 (32)	2,258 (40.6)	1,559 (32.9)	745 (42.4)	31,507 (35.0)
	> 5	23,555 (63.5)	23,750 (68.0)	3,303 (59.4)	3,175 (67.1)	1,011 (57.6)	58,447 (65.0)
Risk assessment	Yes	15,189 (40.9)	15,043 (43.1)	2,486 (44.7)	2,103 (44.4)	761 (43.3)	38,307 (42.6)
	No	21,908 (59.1)	19,892 (56.9)	3,075 (55.3)	2,631 (55.6)	995 (56.7)	51,647 (57.4)
H&S organization	Outsourced H&S	8,533 (23.0)	8,467 (24.2)	1,420 (25.5)	1,052 (22.2)	482 (27.4)	21,281 (23.7)
	Other H&S system	28,564 (77.0)	26,468 (75.8)	4,141 (74.5)	3,682 (77.8)	1,274 (72.6)	68,673 (76.3)
Temporary employment agencies	Yes	37,078 (99.9)	34,907 (99.9)	5,555 (99.9)	4,732 (100)	1,752 (99.8)	89,884 (99.9)
	No	19 (0.1)	28 (0.1)	6 (0.1)	2 (0)	4 (0.2)	70 (0.1)
Place of accident	Usual workplace	34,160 (92.1)	29,992 (85.9)	4,456 (80.1)	4,131 (87.3)	1,669 (95.0)	79,081 (87.9)
	Outside usual workplace	2,937 (7.9)	4,943 (14.1)	1,105 (19.9)	603 (12.7)	87 (5.0)	10,873 (12.1)
Number of workers injured	> 1	150 (0.4)	217 (0.6)	29 (0.5)	23 (0.5)	19 (1.1)	486 (0.5)
	1	36,947 (99.6)	34,718 (99.4)	5,532 (99.5)	4,711 (99.5)	1,737 (98.9)	89,468 (99.5)
Monday	Yes	8,608 (23.2)	9,268 (26.5)	1,207 (21.7)	1,225 (25.9)	373 (21.2)	22,087 (24.6)
	No	28,489 (76.8)	25,666 (73.5)	4,354 (78.3)	3,509 (74.1)	1,383 (78.8)	67,867 (75.4)
Usual job	Yes	34,837 (93.9)	31,780 (91.0)	4,970 (89.4)	4,335 (91.6)	1,687 (96.1)	82,864 (92.1)
	No	2,260 (6.1)	3,155 (9.0)	591 (10.6)	399 (8.4)	69 (3.9)	7,090 (7.9)

Data are presented as n (%).

H&S, health and safety.

3.4. Concussion and internal injuries

The results obtained in the category of concussion and internal injuries were the least conclusive since different variables yielded confidence intervals that include 1, making it impossible to claim that the ORs obtained with these confidence intervals are statistically significant.

3.5. Burns, scalding and freezing

Finally, we found that suffering burns, scalding, or freezing is associated significantly and independently with the male sex (OR = 2.627; 95% CI, 1.706–4.046), with companies with five or fewer workers, (OR = 1.376; CI 95, 1.25–1.514), with outsourced health and safety organization (OR = 1.226; 95% CI, 1.103–1.363), with the usual workplace (OR = 2.673; 95% CI, 2.153–3.319), with more than one worker involved (OR = 2.055; 95% CI, 1.296–3.259), and with the usual job (OR = 2.115; 95% CI, 1.66–2.693). In contrast, workers from temporary employment agencies had the lowest OR value for this kind of injury (OR = 0.328; 95% CI, 0.119–0.901).

4. Discussion

Table 3 summarizes the way in which the study variables affect different types of injury, either as a risk factor or as a protective factor based on the binary value assigned to the variable itself. It is interesting to note that none of the variables contain a value that serves as a protective factor against all types of injury.

Belonging to a small company with five or fewer workers is a risk factor of suffering three of the five types of injuries studied. Several researchers agree that there is evidence to suggest that smaller companies have a higher accident risk [24–26]. Several studies have indicated that the smaller the company, the greater the exposure to physical and chemical agents [27,28]. The reason for this, according to these studies, lies in the difficulty in controlling different risks due to the limited material and human resources of such companies. Frequently, small enterprises are organizations with their resources focused on their survival. The

responsible of the company have to handle different issues at the same time, and health and safety is not always a priority [29]. In addition, many owners of small companies consider occupational safety as responsibility of the employees [29], and regulations and demands to improve health and safety standards as a financial burden. Because of their limited resources, many small companies, particularly microcompanies, find it difficult to comply with legal requirements at all.

The findings of this study suggest that in this regard the automotive repair workshop sector is similar to other sectors, where the size of the company is a protective factor against most of the types of injury studied. Larger companies, commonly will have more adequate management of prevention issues, better training activities, and education and information than similar small companies [24].

In terms of where accidents occur, the *usual workplace* variable yielded similar results to the *usual job* or *usual task* variable, both being protective factors against dislocations and sprains, and also against bone fractures. These results are consistent, since it is commonplace in this sector for the usual job to be performed in the usual workplace. Accidents occurring outside the usual workplace are usually associated with driving vehicles either while *on a mission*, i.e., performing exceptional tasks, or while travelling to and from work. Accordingly, one of the most common injuries from nonfatal traffic accidents is bone fracture [30], making it logical to conclude that extraordinary jobs performed outside the usual workplace involving driving vehicles are a risk factor for this type of injury, an assumption borne out by the findings of this study. In consequence, preventive measures related to prevent traffic accidents of the workers (e.g., courses of anticipatory driving [31]) would reduce this kind of injuries.

With regard to Monday syndrome in which workers claim accidents occurring over the weekend outside usual working hours to be occupational accidents [23], it is interesting to note that Monday is a risk factor for dislocation and sprain injuries, suggesting that these could be associated with this syndrome. However, it is also a risk factor for concussion and internal injuries that are not usually associated with this syndrome, since the seriousness of the injury would prevent the individual involved from delaying medical

Table 3
Effect of variables on injuries

Variable		Superficial wounds	Dislocations and sprains	Bone fractures	Concussion and internal injuries	Burns, scalding, and freezing
Sex	Male	Risk	Protective	NS	NS	Risk
	Female	Protective	Risk	NS	NS	Protective
Nationality	Spanish	Protective	Risk	NS	Risk	Protective
	Foreign	Risk	Protective	NS	Protective	Risk
Employee or other	Employee	Risk	NS	Protective	NS	Protective
	Other	Protective	NS	Risk	NS	Risk
Workforce	≤ 5	Risk	Protective	Risk	Protective	Risk
	> 5	Protective	Risk	Protective	Risk	Protective
Risk assessment	Yes	Protective	Risk	Risk	Risk	NS
	No	Risk	Protective	Protective	Protective	NS
Outsourced H&S consultant	Yes	Protective	Risk	Risk	Protective	Risk
	No	Risk	Protective	Protective	Risk	Protective
Temporary employment agencies	Yes	Risk	NS	NS	NS	Protective
	No	Protective	NS	NS	NS	Risk
Place of accident	Usual workplace	Risk	Protective	Protective	NS	Risk
	Outside usual workplace	Protective	Risk	Risk	NS	Protective
Number of workers injured	> 1	Protective	Risk	Protective	NS	Risk
	1	Risk	Protective	Risk	NS	Protective
Monday	Yes	Protective	Risk	Protective	Risk	Protective
	No	Risk	Protective	Risk	Protective	Risk
Usual job	Yes	Risk	Protective	Protective	NS	Risk
	No	Protective	Risk	Risk	NS	Protective

H&S, health and safety; NS, not significant.

treatment. It is unsafe, therefore, to conclude that there is enough evidence to suggest that Monday syndrome is found in this sector.

Based on the study findings, we can say that the characterization of the worker, company, and accident is not the same for all types of injuries, and the probability of suffering an accident varies for each type of injury. Similar conclusions have been obtained in other sectors as construction [3,5,32,33], coal mining [34], or nursing sector [35], but these results were not focused on the automotive workshop sector.

It is interesting to note that, unlike other sectors such as the construction industry, where the variables *male* and *immigrant* are a risk factor for accidents [36], in the automotive repair workshop sector both these and the other characteristics of the worker can be either a risk or protective factor, depending on the type of injury caused by the accident.

In conclusion, health and safety strategies and accident prevention measures should be individualized, adapted, and implemented with particular consideration for the type of worker most likely to be injured in each type of accident. Some of these solutions could be: occupational health and safety training courses designed according to worker profile, improving the participation of the workers in small firms creating regional or roving safety representatives [29], or implementing and following some specific interventions on the sector as the experience conducted by Parker et al [37].

4.1. Limitations of the study

It is important to bear in mind, as a limitation of the study, that variables studied are general variables from accidents registered in the official accident notification system (Delt@). There are some factors contributing in accidents that are not registered in the official form, because there are not fields included about them. In consequence, the findings obtained here are general and can differ in some specific cases. In addition incidents not reported were not considered because of the lack of records about them.

Acknowledgments

Funded directly by Malaga University and the Chair in Health and Safety and Corporate Social Responsibility. This study was made possible by the support given to the Chair in Health and Safety and Corporate Social Responsibility by the Ministry of Economy, Innovation, Science and Employment of the Regional Government of Andalusia and Malaga City Council through the public company LIMASA III, and by the University College of Industrial Engineering.

Conflicts of interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

References

- [1] Benavides FG, Delclos J, Benach J, Serra C. Lesiones por accidente de trabajo, una prioridad en salud pública. *Rev Esp Salud Publica* 2006;80:553–65 [in Spanish].
- [2] Santamaría N, Catot N, Benavides FG. Tendencias temporales de las lesiones mortales (traumáticas) por accidente de trabajo en España (1992–2002). *Gac Sanit* 2006;20:280–6 [in Spanish].
- [3] Benavides FG, Giráldez MT, Castejón E, Catot N, Zaplana M, Delclós J, Benach J, Gimeno D. Análisis de los mecanismos de producción de las lesiones leves por accidentes de trabajo en la construcción en España. *Gac Sanit* 2003;17:353–9 [in Spanish].
- [4] Benavides FG, Ahonen EQ, Bosch C. Riesgo de lesión por accidente laboral en trabajadores extranjeros (España, 2003 y 2004). *Gac Sanit* 2008;22:44–7 [in Spanish].
- [5] López Arquillos A, Rubio Romero JC, Gibb A. Analysis of construction accidents in Spain, 2003–2008. *J Saf Res* 2012;43:381–8.
- [6] Camino López MA, Ritzel DO, Fontaneda I, González Alcantara OJ. Construction industry accidents in Spain. *J Saf Res* 2008;39:497–507.
- [7] Bureau of Labor Statistics. Workplace injuries and illnesses—2011 [Internet]. 2011 [cited year month day]. Available from: http://www.bls.gov/news.release/archives/osh_10252012.pdf [accessed 12.10.14].
- [8] Bejan A, Brosseau LM, Parker DL. Exposure assessment in auto collision repair shops. *J Occup Environ Hyg* 2011;8:401–8.
- [9] Dembe AE, Erickson JB, Delbos RG, Banks SM. The impact of overtime and long work hours on occupational injuries and illnesses: new evidence from the United States. *Occup Environ Med* 2005;62:588–97.
- [10] Sorock G, Lombardi D, Hauser R, Eisen E, Herrick R, Mittleman M. A case-crossover study of transient risk factors for occupational acute hand injury. *Occup Environ Med* 2004;61:305–11.
- [11] Dotson GS. Characterization of asbestos exposure among automotive mechanics servicing and handling asbestos-containing materials. In: Graduate School Theses and Dissertations [Internet]. 2006 [cited year month day]. Tampa (FL): University of South Florida. Available from: <http://scholarcommons.usf.edu/etd/2506> [accessed 12.10.14].
- [12] Cohen HJ, Van Orden DR. Asbestos exposures of mechanics performing clutch service on motor vehicles. *J Occup Environ Hyg* 2008;5:148–56.
- [13] Blake CL, Dotson GS, Harbison RD. Evaluation of asbestos exposure within the automotive repair industry: a study involving removal of asbestos-containing body sealants and drive clutch replacement. *Regul Toxicol Pharmacol* 2008;52:324–31.
- [14] Fredriksson K, Bildt C, Hägg G, Kilbom Å. The impact on musculoskeletal disorders of changing physical and psychosocial work environment conditions in the automobile industry. *Int J Ind Ergonomics* 2001;28:31–45.
- [15] Vandergrift JL, Gold JE, Hanlon A, Punnett L. Physical and psychosocial ergonomic risk factors for low back pain in automobile manufacturing workers. *Occup Environ Med* 2012;69:29–34.
- [16] García-Herrero S, Mariscal MA, García-Rodríguez J, Ritzel DO. Working conditions, psychological/physical symptoms and occupational accidents. Bayesian network models. *Saf Sci* 2012;50:1760–74.
- [17] Health and Safety Executive (HSE). Example risk assessment for a motor vehicle mechanical repair workshop. [Internet]. HSE 2013 [cited 2016 Jan 14]. Available from <http://www.hse.gov.uk/risk/casestudies/pdf/mvr.pdf> [accessed 12.10.14].
- [18] Turning Risk Into Acton (TRIA) Project. Training material for assessing the risks in car repair workshops [Internet]. 2010. [cited 2016 Jan 14]. Available from: http://www.aulbremen.de/triaria/en/en_modules/en_m06/en_module_06-00.pdf [accessed 12.10.14].
- [19] Centro de Experimentación y Seguridad Vial MAPFRE (CESVIMAP). Manual de Prevención de riesgos en talleres de automóviles. 3rd ed. Avila (Spain): CESVIMAP; 2003 [in Spanish].
- [20] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Guías para la acción preventiva. Taller de reparación de vehículos. Madrid (Spain): INSHT; 1999 [in Spanish].
- [21] Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) [Internet]. 2016 [cited 2016 Jan 16]. Available from: http://www.anfac.es/estadisticas.action?accion=estad_turismos. [in Spanish] [accessed 12.10.14].
- [22] Schiaffino A, Rodríguez M, Pasarín M, Regidor E, Borrell C, Fernández E. ¿Odds ratio o razón de proporciones? Su utilización en estudios transversales. *Gac Sanit* 2003;17:70–4 [in Spanish].
- [23] Campolieti M, Hyatt DE. Further evidence on the Monday effect in workers' compensation. *Indus Lab Rel Rev* 2006;59:438–50.
- [24] Fabiano B, Currò F, Pastorino R. A study of the relationship between occupational injuries and firm size and type in the Italian industry. *Saf Sci* 2004;42:587–600.
- [25] Stevens G. Workplace injuries in small and large manufacturing workplaces. *Labour Market Trends* 1999;107:19–26.
- [26] Hasle P, Kines P, Andersen LP. Small enterprise owners' accident causation attribution and prevention. *Saf Sci* 2009;47:9–19.
- [27] Lamm F. Occupational health and safety in Queensland and New Zealand small businesses: influential factors that lead to occupational health and safety compliance and practice. Doctoral dissertation. Sydney (Australia): University of New South Wales; 2000.
- [28] Eakin JM, Lamm F, Limborg HJ. International perspective on the promotion of health and safety in small workplaces. In: Frick K, Jensen PL, Quinlan M, Wilthagen T, editors. Systematic occupational health and safety management: perspectives on an international development. Amsterdam (Netherlands): Pergamon; 2000. p. 227–47.
- [29] Hasle P, Limborg HJ. A review of the literature on preventive occupational health and safety activities in small enterprises. *Ind Health* 2006;44:6–12.
- [30] Ganveer GB, Tiwari RR. Injury pattern among non-fatal road traffic accident cases: a cross-sectional study in Central India. *Indian J Med Sci* 2005;59:9–12.
- [31] Salminen S. Two interventions for the prevention of work-related road accidents. *Saf Sci* 2008;46:545–50.
- [32] Chau N, Mur JM, Benamghar L, Siegfried C, Dangelzer JL, François M, Jacquin R, Sourdot A. Relationships between certain individual characteristics and

- occupational injuries for various jobs in the construction industry: a case-control study. *Am J Ind Med* 2004;45:84–92.
- [33] Cheng CW, Leu SS, Lin CC, Fan C. Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises. *Saf Sci* 2010;48:698–707.
- [34] Ghosh AK, Bhattacharjee A, Chau N. Relationships of working conditions and individual characteristics to occupational injuries: a case-control study in coal miners. *J Occup Health* 2004;46:470–80.
- [35] Venning PJ, Walter SD, Stitt LW. Personal and job-related factors as determinants of incidence of back injuries among nursing personnel. *J Occup Med* 1987;29:820–5.
- [36] Guldenmund F, Cleal B, Mearns K. An exploratory study of migrant workers and safety in three European countries. *Saf Sci* 2013;52:92–9.
- [37] Parker DL, Bejan A, Brosseau LM, Skan M, Xi M. The collision auto repair safety study (CARSS): a health and safety intervention. *Am J Ind Med* 2015;58:88–100.

6.3 PUBLICACIÓN III

Occupational risk activities in automobile repair workers (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2013).



OCCUPATIONAL RISK ACTIVITIES IN AUTOMOBILE REPAIR WORKERS

1. INTRODUCTION

In 2011, there were 1000 million of automobile around the world (World vehicle population, 2011). Maintenance of vehicles is one of the most extended activities around the world but occupational health and safety of their workers has not been highlighted enough. According to the Bureau of Labour and Statistics (BLS, 2011) workers in this sector had higher rates of occupational injuries and illnesses compared with workers from other sectors. In 2011, in USA the number of non fatal injuries and illnesses per 100 full-time workers was 3.9, while in other sectors like chemical manufacturing or support activities for mining, number of non fatal injuries and illnesses per 100 full-time workers were 2.4 and 2.3 respectively.

Reasons for those negative rates are related with multiple factors. Many work stressors are present in their daily tasks as noisy environment, thermal stress, presence of dust, chemical products, ergonomic conditions, repetitive work. In consequence, mechanics are exposed to different risk but previous research use to be focused only in one particular problem and they do not show a global view of the issue. Most studies tend to focus on a single issue. The aim of this study is to develop a general view about all the occupational risk factors present in an automobile workshop based in the existing literature.

2. METHODOLOGY

To achieve the study aim, four different specific jobs with their habitual activities were identified in a generic automobile workshop. Every safety risk was identified for each activity following safety risk identification included in a previous research (CESVIMAP, 2003). Most relevant literature about it was referenced. Preventive measures from the literature were studied too.

3. RESULTS

Results obtained were divided in four different categories: bodywork mechanic, automobile painter, general mechanic and other jobs.

After activities were identified, safety risks were studied. The study was based in existing literature and preventive measures were proposed to improve the occupational health and safety conditions. Some preventive measures as a correct design of the workplace, an appropriate use of the hand tools, and a reduction of hygienic pollution levels were suggested by some existing studies.

Table 1. Jobs and Safety Risk

SPECIFIC JOB	ACTIVITIES	SAFETY RISK	REFERENCES
Bodywork mechanic	Car-Glass, handling pieces, sanding, cutting, plastic repair, welding, mechanical treatment	Hygienic risk from exposure to substances, Neurological risk	Wirts et al 2003 Enander et al 2002 Flynn&Pam 2008
Automobile painter	Sanding, cleaning surface and equipment, painting.	Hygienic risk from exposure to substances	Meyer-Baron et al 2008 Boutina et al 2003 Sanders et al 2006 Pronk et al 2005
General mechanic	Assembly and disassembly, load circuits, cleaning pieces, inspect, check, asbestos pieces,	Hygienic risk from exposure to substances Slippering Vibrations	Latinien et al 1994 Kakooei&Marioryad 2009 Maclaine-cross 2003 Li et al 2003 Barregard et al 2003
Other jobs	Administrative, receptionist	Slippering	Li et al 2003

4. CONCLUSIONS.

The most important risks founded in the literature reviewed were related with hygienic conditions like exposure to asbestos from brakes, organic solvents, dust, or fumes. Not all

the risks present in all the activities have been studied in the literature. Psycho-social risks are especially forgotten. Preventive measures found in the background were considerate not always appropriate, and it is necessary a better performance of the workers protection in order to reduce occupational disease and occupational accidents between workers in this important sector. Further research is needed for the psycho-social risks.

5.ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía, and LIMASA III.

6.REFERENCES

- Barregard,L.,Ehrenstrom,L., Marcus,K.,(2003).Hand-arm vibration syndrome in Swedish car mechanics.Occupational Enviromental Medicine.April; 60(4): 287–294.doi: 10.1136/oem.60.4.287*
- Boutina, M.,Lesagea, J., Ostiguya,C., Pauluhnb, J., Bertrandc,M. (2003). Identification of the isocyanates generated during the thermal degradation of a polyurethane car paint, Journal of analytical and applied pyrolysis.*
- BLS. Bureau of Labour and Statistics (2011). Economic releases. <http://www.bls.gov/news.release/osh.t01.htm>*
- CESVIMAP. Centro de experimentación y Seguridad Vial Mapfre. (2003). Manual de prevención de Riesgos Laborales en talleres de automóviles. (3rd ed). Avila, Castilla y Leon: Fernández Ciudad.*
- Enander, R.T., Gute D.M., Cohen H.J., Brown L.C., Desmaris A.M., Missaghian, R.(2002). Chemical Characterization of Sanding Dust and Methylene Chloride Usage in Automotive Refinishing: Implications for Occupational and Environmental Health, AIHA Journal; 63:6, 741-749.*
- Flynn,M.R., Pam, S., (2008). Neurological risks associated with manganese exposure from welding operations – A literature review, International Journal of Hygiene and Environmental Health; 212: 459-469.*
- Kakooei,H.&Marioryad,H. (2009). Evaluation of exposure to the airborne asbestos in automobile brake and clutch manufacturing industry in Iran, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 56: 143-147.*

- Latinien, J.,Kangas,J.,Pekari, K.,Liesivuori.(1994). *Short time exposure to benzene and gasoline at garages*, *Chemosphere*, 28: 197-205.
- Li,K.W.,Chang,W.R., Leamon,T.B.,Chen, C,J. (2003): *Floor slipperiness measurement: friction coefficient, roughness of floors and subjective perception under spillage conditions*, *Safety Science*, 42: 547-565.
- Maclaine-cross.I.L., (2003): *Usage and risk of hydrocarbon refrigerants in motor cars for Australia and the United States*, *International Journal of Refrigeration*, 27: 339-345.
- Meyer-Baron M, Blaszkewicz M, Henke H, Knapp G, Muttray A, Schäper M, van Thriel C.(2008). *The impact of solvent mixtures on neurobehavioral performance - Conclusions from epidemiological data*, *Neuro Toxicology*, 29:349-360.
- Pronk, A., et al.(2005): *Inhalation Exposure to Isocyanates of Car Body Repair Shop Workers and Industrial Spray Painters*, *Annals of Occupational Hygiene*, 50: 1-14.
- Sanders, V et al.(2006): *An observational study of motor vehicle repair paint sprayers*, *Health & Safety Laboratory*, 44.
- Wirts,M.,Grunwaldb, D,.Schulzeb,D.,Uhdeb.,E. Salthammer,T. (2003). *Time course of isocyanate emission from curing polyurethane adhesives*. *Athmospheric Enviroment*; 37: 5467-5475.
- World Vehicle Population Tops 1 billion units*. John Sousanis, Wards Automotive Group Inc. 2011.

6.4 PUBLICACIÓN IV

Severity of accidents in automobile repair workshops (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2014).



SEVERITY OF ACCIDENTS IN AUTOMOBILE REPAIR WORKSHOPS

Abstract

The present research develops a statistical analysis on occupational accidents in automobile repair workshops based on a total number of 89954 registered accidents in a period of 5 years. Variables studied were severity of accidents and, deviation. Contingency tables methodology was carried out using the SPSS program in its version 19. The deviation “Loss of control of machinery” obtained the worst results in terms of fatalities once the accident happened. Preventive measures must be implemented in repair workshops in order to prevent accidents related to main deviations.

Keywords: Accident, deviation, automobile, repair, ESAW variables.

1. INTRODUCTION

In 2011, more than 1000 millions of cars were driven on the world roads (World vehicle population, 2011). As a result of that fact, vehicles maintenance is one of the most intensive activities around the world. However, occupational safety issues associated with automobile maintenance workers are not studied enough in the literature. Accidents data showed that rates of accidents and illness per worker (3.9%) is higher than other sectors as Mining (2.3%), or chemical industry (2.4%) (Bureau of Labour and Statistics - BLS, 2011). Reasons of these negative rates are caused by several factors: noise exposure, thermal stress, smokes and particles, chemical products, and ergonomic conditions.

The aim of the current study is to analyse deviations as causes of accidents in automobile repair workshops, and their relation to severity of the accidents occurred.

2. METHODOLOGY

In the current study 89954 accident notification forms were studied, which represent the total number of accidents recorded in the sector in Spain during the period 2003-2008. Accident notification forms were anonymised previously.

Accidents were classified according to their severity levels. The levels of severity are based on medical criteria, because Spanish health authorities have the obligation to diagnose the severity of each accident. For this purpose the severity of an accident can be classified into four different levels: light accident, serious accident, very serious accident, and fatal accident.

The severity level marked in the Official Workplace Incident Notification Form must be the same severity level described by a doctor, in the Medical Injuries Form

On the other hand, the variable Deviation and its classification scheme, was adopted from the European harmonised methodology (Eurostat, 2001), concerning the European Statistics of Accidents at Work (ESAW).

Severity and Deviations were analysed using contingency tables with a significance level of 95%. Different accident rates were calculated according to previous research studies (Camino et al, 2008; López-Arquillos et al, 2012) for LAR (Light Accidents Rate), SAR (Serious Accident Rate), VSAR (Very Serious Accident Rate), FAR (Fatal Accident Rate).

3. RESULTS

The results obtained are shown in table 1. The value of the Pearson's chi-square calculated for the contingency table was 435.56. The results obtained by the deviation "*Movement of the body with physical exertion*" pointed out that once the accident has happened, the probability of a fatal accident is low (~0), while probability of a light accident is high. Deviation with the worse results was deviation "*Loss of control of machinery*". Although the percentage of accidents caused by this deviation was less than 23% of the accidents recorded (TAR = 22.49%), the percentage of fatal accidents associated with this deviation was more than 60% (FAR= 61.19%). Consequently, an accident caused by loss of control of machinery is more likely to become fatal than an accident caused by another deviation.

It must be highlighted that accidents without any information about the deviation have obtained higher values for fatal rates than light accident rates (FAR=17.9 %) and (LAR= 4.5%).

Table 1. Total accidents occurred. Deviation vs. Severity

Deviation	Total		Light		Serious		Very Serious		Fatal	
	Nº	TA R %	Nº	LA R %	Nº	SA R %	Nº	VSA R %	Nº	FA R %
No information	4150	4,6	4091	4,5	43	5,6	4	11,7	12	17,9
Electric deviation	910	1,0	881	0,9	26	3,3	3	8,8	0	0,0
Overflow, overturn, spill	3968	4,4	3952	4,4	16	2,0	0	0,0	0	0,0
Break or slip	8822	9,8	8701	9,7	111	14,4	4	11,7	6	8,9
Loss of control of machinery	2023	22,4	1992	22,3	257	33,4	12	35,2	41	61,1
Fall	8529	9,4	8398	9,4	126	16,4	3	8,8	2	2,9
Movement of the body without physical exertion	1566	17,8	1558	17,6	77	10,0	3	8,8	2	2,9
Movement of the body with physical exertion	2390	26,3	2383	26,9	61	7,9	3	8,8	0	0,0
Surprise, fear, violence, threats	686	0,76	671	0,7	15	1,9	0	0,0	0	0,0
Others	3086	3,43	3044	3,4	36	4,6	2	5,8	4	5,9
Total	8995	100	8908	100	768	100	34	100	67	100

4 CONCLUSIONS

Deviation “*Loss of control of machinery*” obtained the worst rate of fatalities (61.19%) once the accident happened. Specific preventive measures must be implemented in order to prevent accidents originated by this category (or type) of deviation. A better design of the workshop machinery with more safety elements could improve the accidents rates and their severity.

Specific training about some ergonomics techniques would be useful in order to reduce the accident rates related with the movement of the body with physical exertion. Although severity of cited accidents is frequently low, their total amount is high.

A relatively high percentage of fatal accidents did not include any information about the deviation. This lack of information is a problem because it is not possible to improve preventive measures without information on the safety failures.

The analysis developed in the current study, about the different deviations associated with the accidents occurred in automobile repair workshops, could help small companies to improve their risk assessments, and to develop their preventive measures.

6. REFERENCES

- BLS. Bureau of Labor statistics (2011) Workplace Injuries and Illnesses – 2011. http://www.bls.gov/news.release/archives/osh_10252012.pdf*
- BOE. Boletín Oficial del Estado (2002) ORDEN TAS/2926/2002, de 19 de noviembre, por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de los accidentes de trabajo y se posibilita su transmisión por procedimiento electrónico. Spanish Government.*
- Camino López, M. A., Ritzel, D. O., Fontaneda, I., & González Alcantara, O. J. (2008) Construction industry accidents in Spain. Journal of Safety Research, 39(5), 497–507.*
- Eurostat, European Statistics on Accidents at Work (ESAW) – Methodology, 2001 Edition, DG Employment and Social Affairs, European Commission, Luxembourg, 2001.*
- Lopez-Arquillos, A., Rubio-Romero, J.C., Gibb, A. (2012) Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008. Journal of Safety Research, 2012.*
- World Vehicle Population (2011). Tops 1 billion units. John Sousanis, Wards Automotive Group Inc. 2011.*

6.5 PUBLICACIÓN V

Risk of occupational burns in automotive repair workshops (International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2015).



International
Symposium on
Occupational
Safety and
Hygiene
12-13 feb '15

RISK OF OCCUPATIONAL BURNS IN AUTOMOTIVE REPAIR WORKSHOPS

Abstract

The objective of the paper is to analyse the effects of the factors associated with burns caused by occupational accidents in automotive repair workshops. A sample consisting of 89,954 industry accidents reported between 2003-2008 was analyzed and odds ratios were calculated with a 95% confidence interval. Results showed that belonging to a company with more than 5 workers is a protective factor against the probability of suffering burns. Similarly women are less likely to suffer burns. Health and safety strategies and accident prevention measures should be individualised and adapted to the type of worker most likely to be injured by burns.

Keywords: Safety, automobile, odds ratio, injury.

Presentation Preference: Oral

1. INTRODUCTION

Much research has been done into occupational accidents in hazardous and economically important sectors such as the construction industry (Benavides *et al* 2004, Camino *et al* 2008, Lopez-Arquillos *et al* 2012) but although vehicle repair is an important global economic activity, this sector has been the target of far fewer studies on workplace health and safety than the aforementioned construction industry. The accident rate for this important activity in US (BLS, 2011) was higher than that reported by other, apparently more hazardous. However, no studies were found on the effect of different variables associated with injuries caused by occupational accidents in the automotive repair workshop sector.

The aim of this study is to discover the effect of variables associated with burns caused in the automotive repair workshop sector.

2. MATERIALS AND METHOD

For the purpose of this study, the Spanish Ministry of Employment and Social Security provided us with 89,954 occupational accident reports corresponding to all the accidents

reported from the Automotive repair and maintenance sector (Classification of Economic Activities [CNAE, in its Spanish acronym] 502) between 2003 and 2008.

Different variables were chosen to determine how they affected different types of accident. The strength of relationship between the variables and the burns injury was measured using adjusted odds ratios (OR) and their 95% confidence intervals (CI). The data were analysed statistically using SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 21.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In the following Table (Table 1) results obtained from variables analyzed were showed. The adjusted odds ratio explained the significance and independency of the variables respect to the burns injuries.

Table 1- Odds ratio for Burns

Variable	Variable value	OR	Confidence interval		n overall sample	Burns
			Lower limit	Upper limit		n (%)
Gender	Male	2.627	1.706	4.046	87,215	1,735(98.8)
	Female	1			2,739	21(1.2)
Nationality	Spanish	0.853	0.732	0.994	81,581	1,568(89.3)
	Foreign	1			8,373	188(10.7)
Employee or other	Employee	0.663	0.454	0.968	88,989	1,728(98.4)
	Other	1			965	28(1.6)
Workforce	5 or fewer workers	1.376	1.25	1.514	31,507	745(42.4)
	more than 5	1			58,447	1,011(57.6)
Risk assessment	YES	1.032	0.938	1.135	38,307	761(43.3)
	NO	1			51,647	995(56.7)
	Outsourced	1.226	1.103	1.363	21,281	482(27.4)
Health and safety organisation	H&S consultant					
	Other H&S system	1			68,673	1,274(72.6)
Temporary Employment Agencies	YES	0.328	0.119	0.901	89,884	1,752(99.8)
	NO				70	4(0.2)
Place of Accident	Usual workplace	2.673	2.153	3.319	79,081	1,669(95.0)

	Outside usual workplace	1			10,873	87(5.0)
	More than one worker involved	2.055	1.296	3.259	486	19(1.1)
	Only 1 worker	1			89,468	1737(98.9)
Monday	YES	0.826	0.736	0.927	22,087	373(21.2)
	NO				67,867	1,383(78.8)
Usual job	YES	2.115	1.66	2.693	82,864	1,687(96.1)
	NO				7,090	69(3.9)

It was found that suffering burns, scalding or freezing is associated significantly and independently with the male gender (OR=2.627; CI 95%, 1.706-4.046), companies with 5 or fewer workers, (OR=1.376; CI 95, 1.25-1.514), with outsourced health and safety organisation (OR=1.226; CI 95%, 1.103-1.363), with the normal workplace (OR=2.673; CI 95%, 2.153-3.319), with more than one worker involved (OR= 2.055; CI 95%, 1.296-3.259), and with the normal job (OR= 2.115; CI 95%, 1.66-2.693).

4. CONCLUSIONS

Belonging to a company with more than 5 workers is a protective factor against the probability of suffering injuries studied. Several researchers agree that there is evidence to suggest that smaller companies have a higher accident. Several studies have indicated that the smaller the company, the greater the exposure to physical and chemical agents (Hasle *et al* 2009). Similarly female gender, and working outside from the usual workplaces were found as protective factors too. Health and safety strategies and accident prevention measures should be individualised and adapted to the type of worker most likely to be injured by burns.

5. REFERENCES

- Benavides FG, Ahonen EQ, Bosch C. (2008). *Riesgo de lesión por accidente laboral en trabajadores extranjeros (España, 2003 y 2004)*. *Gaceta Sanitaria*, vol.22, n.1, pp. 44-47.
- BLS. Bureau of Labor statistics. (2011). *Workplace Injuries and Illnesses – 2011*. http://www.bls.gov/news.release/archives/osh_10252012.pdf
- Camino López MA, Ritzel DO, Fontaneda I, González Alcantara OJ. (2008). *Construction industry accidents in Spain*. *Journal of Safety Research*. (2008), vol 39,n.5, pp. 497-507.

Hasle, P., Kines, P., & Andersen, L. P. (2009). Small enterprise owners' accident causation attribution and prevention. Safety Science, 47(1), 9-19.

López Arquillos A, Rubio Romero JC, Gibb A. (2012). Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008. Journal of Safety Research. Vol.43, n.5, pp 381-388.

6.6 PUBLICACIÓN VI

Marco normativo de la prevención en el mercado del vehículo eléctrico (ORP 2013).



“Marco normativo de la prevención en el mercado del vehículo eléctrico”



López Arquillos, Antonio

Catedra de Prevención y Responsabilidad Social Corporativa/ Universidad de Málaga/ Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, C/Dr. Ortiz Ramos, s/n /29071 Málaga, España. +34 951952538/
investigacioncatedra@gmail.com



Rubio Romero, Juan Carlos

Departamento de Economía y Administración de Empresas / Universidad de Málaga/ Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, C/Dr. Ortiz Ramos, s/n /29071 Málaga, España



Pardo Ferreira, María del Carmen

Catedra de Prevención y Responsabilidad Social Corporativa/ Universidad de Málaga/ Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, C/Dr. Ortiz Ramos, s/n /29071 Málaga, España.



Suarez Cebador, Manuel

Departamento de Economía y Administración de Empresas / Universidad de Málaga/ Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, C/Dr. Ortiz Ramos, s/n /29071 Málaga, España

ABSTRACT

En el presente trabajo se desarrolla un análisis de las iniciativas más importantes que han llevado a cabo los gobiernos e instituciones en cuanto a la normativa que afecta a los riesgos laborales ligados a la reparación del vehículo eléctrico. El conjunto de iniciativas legislativas tanto de normas voluntarias tienen como objetivo común el crecimiento ordenado del mercado dentro de unas directrices comunes a los diferentes países principalmente de la Unión Europea. Uno de los principales objetivos de la ordenación del mercado en auge del vehículo es el de proteger a los distintos colectivos de trabajadores ligados al sector frente a la exposición de nuevos riesgos emergentes en materia de prevención de riesgos laborales.

Palabras clave: **Normativa, coche eléctrico, automoción, prevención.**

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los riesgos que atañen las reparaciones de un vehículo eléctrico requiere un paso previo que es el análisis de las acciones que los entes públicos y normativos han llevado al respecto. Este apartado pretende ser un breve resumen de las iniciativas más importantes que están llevando a cabo gobiernos e instituciones así como de las normas que están tratando de regular este sector. El propósito es resaltar aquellas que sean de utilidad para objetivo de prevenir accidentes y enfermedades profesionales protegiendo la seguridad y salud de los trabajadores del sector.

2. MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL

A nivel europeo, el esfuerzo conjunto llevado a cabo por los 27 no tiene precedentes. En 2005, nace la iniciativa CARS 21 (Competitive Automotive Regulatory System for the 21st Century, perteneciente a la cartera de Industria y Emprendimiento de la Comisión Europea. En 2010 la estrategia fue reformulada para centrar la iniciativa en un marco regulatorio para los vehículos limpios y eficientes (CARS 21, 2012).

El 26 de Noviembre de 2008 se firmó en Bruselas el Plan de Recuperación Económica para Europa, que en el artículo 2.3.2, en el apartado de investigación e innovación, establece la creación de 3 asociaciones público-privadas para el desarrollo de estos campos. Una de ellas es la European Green Cars Initiative, que se condensa en préstamos sin intereses a los fabricantes de vehículos para que invirtiesen en investigación y desarrollo de vehículos limpios y eficientes, establecer condiciones para eliminar del parque automovilístico vehículos antiguos y acelerar la implementación de la directiva CARS 21 (Comisión Europea, 2008).

La iniciativa Green Cars basa su actuación en dos ejes: la electrificación del transporte rodado (CAPIRE) y la de informar y comunicar las tecnologías para el vehículo completamente eléctrico (ICT4FEV). Actualmente, esta iniciativa ha logrado que se pongan en marcha más de 50 proyectos de investigación (EGCI,2011).

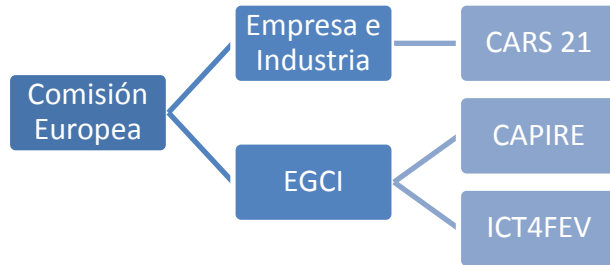


Ilustración 1: Iniciativas Europeas para el desarrollo del vehículo eléctrico

El ente regulador más importante en materia de vehículos terrestres a nivel global es el Foro Mundial para la Armonización de las Regulaciones de Vehículos, WP. 29 (Foro de Trabajo 29) perteneciente a la UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), organismo de la ONU. Este foro de trabajo tiene 7 grupos de trabajo, de los cuales cabe destacar el GRSP (Grupo de trabajo en seguridad pasiva), ya que tiene un grupo informal de seguridad de vehículos de célula de combustible (HFCV-SGS) y otro de seguridad eléctrica, con un subgrupo de seguridad post-accidente del vehículo eléctrico (EVPC).

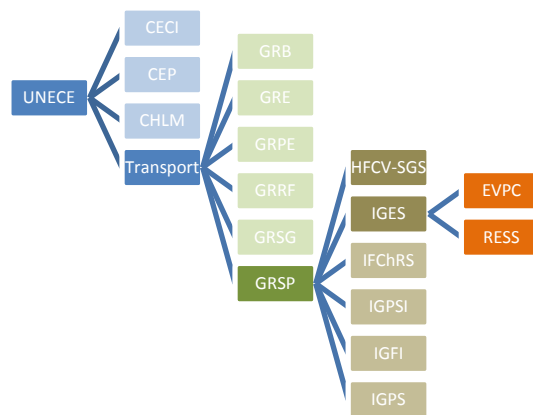


Ilustración 2: Organismos reguladores de la UNECE que legislan sobre el vehículo eléctrico

Pese a lo que pueda sugerir el nombre, las regulaciones de la UNECE afectan a nivel mundial, y el total de los países firmantes agrupa el 90% de la producción de vehículos (Ramos 2011). Por otra parte, el 18 de Noviembre de 2011 se envió la propuesta para el establecimiento de dos grupos de trabajo informales encargados de la seguridad del vehículo eléctrico (EVS) y de impacto ambiental del mismo (EVE), de la misma forma que ya se hizo con la tecnología de célula de combustible (WP 2011) Esta prevista su aprobación para el presente año 2012.

A nivel mundial, los esfuerzos son igualmente intensos. Los incentivos gubernamentales para la introducción del vehículo eléctrico en Japón empezaron en 1996 (Ahman, 2006), lo que sumado al gran interés del público por este tipo de vehículos, ha traído como consecuencia que casi el 70% de las patentes de vehículos eléctricos sean japonesas (Akasaka, 2009).

En Estados Unidos, el origen de las iniciativas ya ha sido comentado. Las políticas iniciadas en los 90, y continuadas y ampliadas hasta el día de hoy, han traído como consecuencia una amplia penetración de los vehículos híbridos en el mercado (Emadi, 2005).

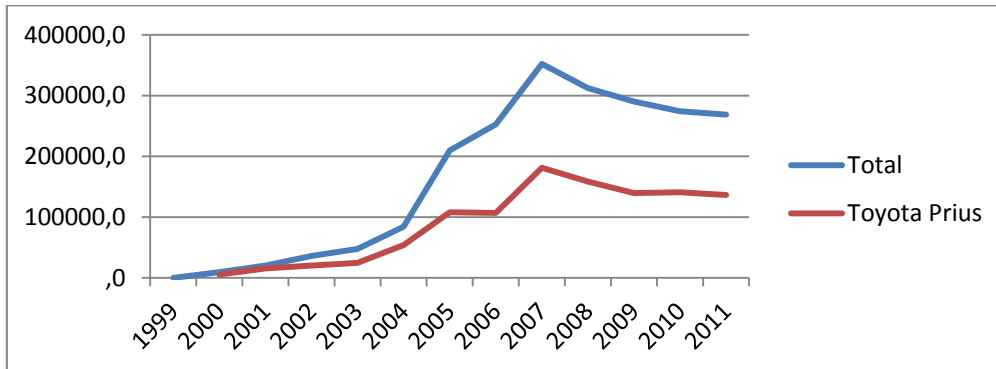


Ilustración 3: Evolución del mercado de los vehículos híbridos en Estados Unidos, elaborado a partir de datos del DOE.

Esta amplia penetración ha traído como consecuencia un aumento de la preocupación por la seguridad de estos vehículos, una abundancia de información por parte de las instituciones. Destaca la labor divulgativa llevada a cabo por el DOE (U.S. Department of Energy), con estudios de mercado y de situación, o el NREL (National Renewable Energy Laboratory), con estudios de seguridad de las nuevas tecnologías, como baterías y células de combustible. Cabe destacar para los propósitos de este trabajo el proyecto llevado a cabo por la National Fire Protection Association llamado Electric Vehicle Safety Training, un estudio de los riesgos de los vehículos híbridos y eléctricos que van saliendo al mercado, con el objetivo de establecer estándares de seguridad que puedan ser aceptados a nivel mundial.

3. NORMATIVA ESPECÍFICA

A continuación se muestra la normativa más destacada que actualmente rige el mercado de los vehículos eléctricos, ya sea por obligación legislativa o de forma voluntaria (ISO, UNE, SAE etc.).

<i>Prevención de riesgos normativa común.</i>	<p>Ley 31/1995 de 8 de noviembre, Prevención de riesgos laborales</p> <p>Real decreto 39/1997 de 17 de enero, Reglamento de los servicios de prevención</p>
<i>Riesgo eléctrico</i>	<p>Real decreto 614/2001 de 8 de junio, Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.</p> <p>Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el RBT</p>
<i>Almacenamiento de productos químicos</i>	<p>Real decreto 379/2001 de 6 de abril por el que se aprueba el reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas</p> <p>ITC-MIE APQ 1: Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles</p> <p>ITC-MIE APQ 5: Almacenamiento y uso de botellas a presión y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión</p>
<i>Incendio</i>	<p>Real decreto 2267/2004 de 3 de diciembre por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios.</p>
<i>Vehículos eléctricos</i>	<p>E/ECE/TRANS/505 UNECE. Reglamento de 1958</p> <p>Reglamento No. 100, serie de enmiendas 01 Seguridad de vehículos eléctricos</p> <p>SAE J1766 Recommended Practice for Electric and Hybrid Electric Vehicle Battery Systems Crash Integrity Testing</p> <p>ISO 6469-1 Electrically propelled road vehicles – Safety specifications – Part 1: On-board rechargeable energy storage systems (RESS)</p> <p>ISO 6469-2 Electrically propelled road vehicles – Safety specifications – Part 2: Vehicle operational safety means and protection against failures</p> <p>ISO 6469-3:2011 Electrically propelled road vehicles – Safety specifications – Part 3: Protection of persons against electric shock</p>

Tabla1 : Normativa del vehículo eléctrico I

<p><i>Vehículos de célula de combustible</i></p>	<p>ECE/TRANS/WP.29/GRSP/2012/12 (BORRADOR del 7 de marzo de 2012) GTR No.XX Hydrogen Fueled Vehicle</p> <p>Reglamento (CE) nº79/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de enero de 2009 relativo a la homologación de los vehículos de motor impulsados por hidrógeno</p> <p>SAE J2578 Recommended Practice for General Fuel Cell Vehicle Safety</p> <p>ISO 23273-1 Fuel Cell Road Vehicle - Safety Specification, Part 1: Vehicle functional safety</p> <p>ISO 23273-2 Fuel Cell Road Vehicle - Safety Specification, Part 2: Protection against hydrogen hazards for vehicles fueled with compressed hydrogen</p> <p>ISO 23273-3 Fuel Cell Road Vehicles - Safety Specification, Part 3: Protection of persons against electric shock</p> <p>EC No.79/2009 Type-approval of hydrogen-powered motor vehicles</p> <p>EC No.79/2009 Type-approval of hydrogen-powered motor vehicles</p> <p>ISO TC197 Working Group 6 / ISO/TS 15869 Gaseous Hydrogen Blends & Hydrogen Fuels: Land Vehicle Fuel Tanks</p> <p>SAE J2600 Compressed Hydrogen Vehicle Fueling Connection Devices</p> <p>ISO 17268 Compressed Hydrogen Surface Vehicle Refueling Connection Devices</p> <p>ISO/TS 14687-2 Hydrogen Fuel - Product Specification, Part 2: PEM fuel cell applications for road vehicle</p>
<p><i>Terminología</i></p>	<p>ISO 8713 Electric Road Vehicles – Vocabulary – Terms and Definitions for ISO TC22/SC21</p> <p>SAE J2754 Fuel Cell Electric Vehicle Terminology</p>

Tabla 2: Normativa del vehículo eléctrico II

En la siguiente tabla se muestra la normativa española vigente

<i>Baterías</i>	UNE -EN 61982
<i>Sistemas de carga</i>	UNE-EN 61851
	UNE-EN 62196
	UNE-EN 61851
<i>Seguridad</i>	UNE-EN 1987
<i>Mediciones de emisiones y rendimientos</i>	UNE-EN 1821
	UNE-EN 1986
	UNE-EN 13444
<i>Emisión de ruido</i>	UNE-EN 12736
<i>Terminología</i>	UNE-EN 13447

Tabla 3: Normativa española vigente

4. CONCLUSIONES

La mayoría de las disposiciones encontradas respecto al mercado del vehículo eléctrico han sido normas de carácter voluntario elaborados bien por la International Organization for Standardization (ISO), o bien por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Este hecho parece indicar que el desarrollo legislativo va con un cierto retraso respecto de los estándares voluntarios. El auge emergente del vehículo eléctrico hace prever la proliferación de requisitos legales con el objetivo de ordenar un sector cuyo impacto en la economía y la sociedad se prevé de gran importancia. Es por ello que las normas voluntarias ya elaboradas deberán de ser tenidas en cuenta en un futuro cercano cuando la evolución del mercado de lugar al desarrollo de obligaciones legales tanto a nivel europeo como a nivel nacional.

REFERENCIAS

- Ahman, M. (2006). *Government policy and the development of electric vehicles in Japan*, *Energy Policy*, 34: 422-443.
- Akasaka, M. (2009), *Survey: Japan Accounts for 7p% of EV/HEV/FCV patent applications*, *Tech-On*.
- CARS 21 (2012), *CARS 21 Public Hearing, Enterprise and Industry, Bruselas, Bélgica*.

Comisión Europea (2008), A European Economic Recovery Plan, Bruselas, Bélgica.

EGCI (2011), Project Portfolio - European Green Cars Initiative PPP, EPoSS, Bruselas, Bélgica

Emadi,A. (2005), Handbook of automotive power electronics and motor drives (1º ed.).Illinois Institute of Technology, Chicago: Taylor & Francis Group.

Ramos,J,(2011).El papel de la comisión económica para Europa (UNECE) en la legislación de vehículos eléctricos. UNECE División de Transportes, Madrid, España.

WP.29 (2011), Proposal for stablishment of two informal working groups addressing the safety and environmental requirements for electric vehicles to enhance regulatory cooperation including developing global technical regulations in the framework of the 1998 agreement, Bruselas, Bélgica.

ANEXOS

ANEXO A- CUESTIONARIO

INSTRUCCIONES

Como experto seleccionado para este estudio, deberá realizar dos tipos de evaluaciones:

- **Evaluación de actividades.** Se puntuará la frecuencia con la que se da cada reparación así como la severidad de los riesgos que implica (de todos los que pudiesen ser) de forma conjunta (con un solo valor). Las puntuaciones, de acuerdo con las indicaciones del INSHT:

- 1-Trivial
- 2-Tolerable
- 3-Moderado
- 4-Importante
- 5-Intolerable

-Evaluación de riesgos: Se evalúan los riesgos que ciertas tecnologías tienen por sí mismas. En este caso, se debe asignar un valor de la frecuencia con la que dichos riesgos podrían aparecer y un valor de la severidad del mismo. En este caso el sistema de puntuación es diferente:

Frecuencia	
Horas de trabajo por trabajador para que se produzca un accidente	Valor
>100 millones	1
10-100 millones	2
1-10 millones	3
100000-1 millón	4
10.000-100.000	5
1000-10.000	6
1000-100	7
10-100	8
1-10	9
0,1-1	10

Severidad	
Severidad	Valor
Despreciable	1
Discomfort temporal	2
Discomfort persistente	3
Dolor temporal	4
Dolor persistente	5
Primeros auxilios menores	6
Primeros auxilios mayores	7
Asistencia médica	8
Pérdida de jornada de trabajo	9
Incapacidad permanente	10
Muerte	11

1.- Evalúe el nivel de riesgo de las **reparaciones convencionales** teniendo en cuenta de un modo global la severidad y la frecuencia de todos los posibles riesgos que se puedan presentar a lo largo de la reparación. Los posibles valores son: 1-Trivial, 2-Tolerable, 3-Moderado, 4-Importante, 5-Intolerable.

Actividad	Ev.(1-5)
Sustitución de lunas	
Manipulación y corte de piezas de chapa	
Operaciones de lijado	
Reparación de plásticos	
Soldadura oxiacetilénica	
Soldadura por resistencia	
Otros métodos de soldadura	
Tratamientos mecánicos y térmicos de reparación de chapa	
Manipulación de pinturas, limpieza de superficies	
Aplicación de pintura	
Operaciones de montaje y desmontaje de piezas	
Vaciado y llenado de circuitos	
Limpieza de piezas	
Mediciones, comprobaciones, inspecciones	
Manipulación de airbags	
Manipulación de depósitos de combustible	
Manipulación de piezas de amianto	

2.- Evalúe los **riesgos inherentes al vehículo eléctrico**. Para ello puntúe la frecuencia con la que cree que pueden darse (del 1 al 10) y la severidad (1-11)

Reparación	f(1-10)	S(1-11)
Choque eléctrico		
Cableado de alta tensión		
Condensadores de alta capacidad, choque eléctrico mientras descargan		
Riesgo electromagnético para marcapasos, DAI etc.		
Vehículos en marcha silenciosos, atropello		
Vehículos en marcha silenciosos, choque eléctrico por iniciar reparaciones		
Activación sistema de A/T por temporizadores de inicio de la carga o del A/C		

Baterías de tracción dañadas, choque eléctrico		
Baterías de tracción dañadas, exposición a elementos químicos		
Baterías de tracción dañadas, salpicaduras a altas temperaturas		
Retirada del interruptor de servicio del sistema de A/T		
Airbags, riesgo de activación tras desconexión del sistema de A/T		
Conector para máquina de diagnóstico (SAE J1962), choque eléctrico		
Desconexión de batería auxiliar en pleno proceso de carga, choque eléctrico		
Extinción de incendio con agua, choque eléctrico		

3.- Evalúe el nivel de riesgo de **las operaciones de mantenimiento del vehículo eléctrico** teniendo en cuenta de un modo global la severidad y la frecuencia de todos los posibles riesgos que se puedan presentar a lo largo de la reparación. Los posibles valores son: 1-Trivial, 2-Tolerable, 3-Moderado, 4-Importante, 5-Intolerable.

Actividad	Ev.(1-5)
Test de circuitos eléctricos, búsqueda de cortos, derivaciones, inspección de conexiones a tierra. Test de pico de tensión	
Comprobación de ausencia de tensión en el vehículo	
Test de conectores	
Comprobación visual de la batería de tracción	
Elevación de vehículo con baterías de tracción distribuidas en la base	

4.- Evalúe el nivel de riesgo de **las reparaciones de motores y transmisiones**.

Actividad	Ev.(1-5)
Comprobación de aceite de transmisiones híbridas	
Comprobación del refrigerante	
Comprobación de aislamiento eléctrico del motor	
Extracción/montaje del M/G o del sistema de transmisión	
Desmontaje del motor/generador eléctrico	
Reparación de partes mecánicas (conectores, eje, conductos)	
Chequeo de la resistencia de las bobinas	
Aplicación de selladores, reconstrucción de juntas	

5.- Evalúe el nivel de riesgo de **los sistemas electrónicos**.

Actividad	Ev.(1-5)
Extracción del dispositivo del propio vehículo	
Comprobación de la resistencia de aislamiento de la unidad	
Soldadura de elementos de los circuitos impresos	
Manipulación de condensadores de alta capacidad	
Descarga de condensadores de alta capacidad	
Comprobación de temperatura de trabajo de condensadores	
Apriete de conexiones, verificación de contactos	
Cambio de fusibles	
Reparación de sistemas de refrigeración de la electrónica de potencia	
Empleo de aparatos de medida portátiles	

6.-Evalúe los **riesgos inherentes de las baterías**. Para ello puntúe la frecuencia con la que cree que pueden darse (del 1 al 10) y la severidad (1-11).

Reparación	f(1-10)	S(1-11)
Peso de las baterías		
Terminales de la batería, riesgo de cortocircuito.		
Terminales de la batería, riesgo de arco eléctrico en ambientes muy húmedos.		
Temperatura de la batería		
Temperatura de los materiales de las células		
Vapores ventilados de la batería.		
Proyecciones de electrolito. Proyecciones de material fundido.		
Exposición a sustancias químicas (níquel, pentacloruro de fósforo, otros)		
Explosión, incendio, humos tóxicos.		

7.- Evalúe el nivel de riesgo de las **reparaciones de las baterías y operaciones relacionadas** teniendo en cuenta de un modo global la severidad y la frecuencia de todos los posibles riesgos que se puedan presentar a lo largo de la reparación. Los posibles valores son: 1-Trivial, 2-Tolerable, 3-Moderado, 4-Importante, 5-Intolerable.

Actividad	Ev.(1-5)
Extracción, sustitución de la batería	
Medición de la gravedad específica del electrolito	
Medición del voltaje mínimo	
Test de conductancia	
Recambio de los cables de alta tensión	
Carga de la batería	
Extinción de incendios con agua	

8.-Evalúe los **riesgos inherentes de la célula de combustible**. Para ello puntúe la frecuencia con la que cree que pueden darse (del 1 al 10) y la severidad (1-11).

Reparación	f(1-10)	S(1-11)
Choque eléctrico en la pila de combustible		
Conexión a tierra del circuito de hidrógeno, Eléctricidad estática		
Terminales de la pila, riesgo de arco eléctrico en ambientes muy húmedos.		
Depósitos de hidrógeno (gas y líquido), fugas.		
Depósitos de hidrógeno líquido, congelación, quemaduras criogénicas, hipotermia.		
Depósitos de hidrógeno líquido, evaporación de hidrógeno, atmósferas explosivas.		
Depósitos de hidrógeno líquido, condensación de aire sobre las válvulas.		
Formación de atmósferas explosivas		
Fuegos de hidrógeno (las llamas son transparentes)		
Altas concentraciones de hidrógeno y desplazamiento de oxígeno, asfixia		

9.- Evalúe el nivel de riesgo de las **reparaciones de la pila de combustible** teniendo en cuenta de un modo global la severidad y la frecuencia. Los posibles valores son: 1-Trivial, 2-Tolerable, 3-Moderado, 4-Importante, 5-Intolerable.

Actividad	Ev.(1-5)
Comprobación y calibrado de sensores de detección de hidrógeno	
Comprobación y llenado de refrigerante de la pila.	

Comprobación y reparación de las pérdidas de hidrógeno	
Comprobación y reparación del filtro de aire de la pila	
Comprobación y reparación de los ventiladores de la pila	
Comprobación y reparación de la puesta a tierra del circuito de hidrógeno	
Instalación/desmontaje de depósitos de hidrógeno gas	
Comprobación de los daños externos del depósito	
Comprobación de los daños internos del depósito	
Instalación/desmontaje de depósitos de hidrógeno líquido	
Limpieza de los depósitos con jabones/disolventes	
Presencia de aire atmosférico en circuitos de hidrógeno reparados	

Ficha personal:

Titulación		
Máster		
Doctorado		
Máster en prevención de riesgos laborales		
Sector laboral		
Años de experiencia		
Artículos publicados		
Libros publicados		
Miembro de alguna universidad		
Experiencia en el sector del vehículo eléctrico-automoción		

Comentarios: