

Riesgos y peligros laborales en termoeléctricas: una revisión de la literatura de 2007 a 2017

Occupational hazards and risks in thermoelectric plants: a review of the literature from 2007 to 2017

Yazhir Guzmán-González¹

Forma de citar: Guzmán-González Y. Riesgos y peligros laborales en termoeléctricas: una revisión de la literatura de 2007 a 2017. Salud UIS. 2020; 52(3): 239-250. doi: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v52n3-2020006> 

Resumen

Introducción: la demanda de energía eléctrica va de la mano del aumento de la población, por lo que para satisfacerla se debe asegurar la capacidad de generación eléctrica, esto incentivaría la construcción de plantas térmicas; aumentando los trabajadores expuestos a los peligros de termoeléctricas. Esta revisión tiene como fin identificar cuáles riesgos y peligros en termoeléctricas han sido estudiadas en el mundo durante el periodo 2007-2017. **Objetivo:** identificar, a través de una revisión bibliográfica, los principales peligros a que están expuestos los trabajadores de termoeléctricas. **Materiales y métodos:** se realizó una revisión sistemática teniendo en cuenta las recomendaciones de la guía PRISMA, se tuvieron en cuenta estudios acerca de los factores de riesgos a los que se exponen el personal de operaciones de centrales térmicas; para la búsqueda se establecieron dos algoritmos con descriptores DeCS y MeSH en las bases de datos Scopus, Pubmed, Scient Direct y Google académico, encontrándose 21 publicaciones que cumplían con los criterios de inclusión. **Resultados:** los peligros más relevantes para los trabajadores en termoeléctricas son físicos, ergonómicos, químicos, biológicos y psicosociales. **Conclusión:** los trabajadores de termoeléctricas están expuestos a varios peligros que pueden aumentar el riesgo de ocasionarles enfermedades respiratorias, musculoesqueléticas, pérdida de capacidad auditiva, cáncer, leucemia y su variedad, pericarditis, Alzheimer, Parkinson, daño genético y celular; también se pudo evidenciar que el efecto en la salud por exposición en campos magnéticos requiere de estudios de más profundidad.

Palabras clave: Factores de riesgo; Centrales termoeléctricas; Riesgos laborales; Salud laboral; Centrales eléctricas; Campo magnético; Gases de efecto invernadero; Morbilidad.

Abstract

Introduction: the demand for electric power, goes hand in hand with the population increasing, to satisfy it, the power generation capacity must be ensured, this would encourage the construction of thermal plants; increasing the exposition of workers to the thermoelectric plant dangers. This review aims to identify which

1. Fundación Universitaria del Area Andina. Bogotá, Colombia.

Correspondencia: Yazhir Guzman Gonzalez. Dirección: Cra. 31 32D-16 Barrancabermeja. Teléfono: +57 300 6929451. Correo electrónico: yazhirg@yahoo.es

risks and dangers in thermoelectric plants have been studied in the world for the period 2007-2017. **Objective:** identify the main hazards to which thermoelectric workers are exposed through a literature review. **Materials and methods:** a systematic review was carried out taking into account the recommendations of the PRISMA guide, studies were taken into account about the risk factors to which thermal power plant operations personnel are exposed; Two algorithms with DeCS and MeSH descriptors were established in the Scopus, PubMed, Scient Direct and Google academic databases, with 21 publications meeting the inclusion criteria. **Results:** the most relevant hazards for thermoelectric workers are physical, ergonomic, chemical, biological and psychosocial. **Conclusion:** thermoelectric workers are exposed to various hazards that may increase the risk of respiratory, musculoskeletal, hearing loss, cancer, leukemia and its variety, pericarditis, Alzheimer's, Parkinson's, genetic and cellular damage; It could also be evidenced that the effect on health by exposure in magnetic fields requires more in-depth studies.

Keywords: Risk Factors; Thermoelectric power plants; Occupational Risks; Occupational Health, Power plants, Magnetic fields, Greenhouse gases, Morbidity.

Introducción

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT) del total de las personas laboralmente activas, aproximadamente 317 millones de personas han sufrido accidentes de trabajo, y más de 2.3 millones mueren al año por accidentes o enfermedades laborales. Los costos generados por este fenómeno representan el 4 % del PIB en el mundo, razón por la que se deben diseñar e implementar controles para evitar estas fatalidades.

Por otro lado, en Colombia el número de trabajadores afiliados al sistema de salud y riesgos laborales por sector económico, entre dependientes e independientes, ha aumentado exponencialmente; para el año 2009 se reportaron 6.700.842 de trabajadores y al cierre de 2017 se cuenta con 10.234.368 trabajadores, es decir cada año en promedio la población trabajadora crece más o menos en 392.614¹.

Dicho incremento supone un mayor número de trabajadores expuestos a condiciones y ambientes de trabajo inadecuados para desarrollar sus labores, esto aumenta la probabilidad de convertirse en accidentes, enfermedades y muertes por causa del trabajo. Sin embargo, aunque el número de muertes relacionadas con el trabajo desde el año 2009 (586 fatalidades) al 2017 (64 fatalidades) tiene una tendencia a disminuir, el número de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, se ha aumentado como resultado de múltiples factores: mayor número de población trabajadora expuesta a peligros en el trabajo, mejoramiento de los sistemas de información y para el registro de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, entre otros. En Colombia, las estadísticas de accidentes de trabajo pasaron en el 2009 de 403.519 a 655.570 en el 2017, mientras que las enfermedades laborales pasaron de 6.010 casos reportados a 9.690 en el mismo periodo, respectivamente¹.

Por otra parte, la industria de la generación eléctrica en el país va en alza, debido al incremento de necesidades energéticas, producto del crecimiento poblacional que hoy llega a los 49.600.000 habitantes en el país. Razón por la cual, el Gobierno nacional a través de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) entidad adjunta al Ministerio de Minas y Energía, tiene proyectado la instalación de 5.362 MW en el periodo 2017-2032, de los cuales 970 MW serán generados con plantas termoeléctricas², lo cual indica que el número de personas expuestas a los peligros en este sector económico serán mayores.

Según García Garrido³, hay muchos riesgos para los trabajadores de una central térmica: caídas a distinto nivel, en los casos de trabajo en alturas, actividades sobre andamios, plataformas, excavaciones, etcétera; caídas de personas al mismo nivel o tropezones, caídas, cortes y golpes por manipulación de herramientas; atrapamientos por o entre objetos; sobreesfuerzo por cargas o movimientos mal realizados que generan desordenes músculo esqueléticos y dolores lumbares inespecíficos; cambios de temperatura extremos, por ejemplo, exposición a altas temperaturas de vapor de agua, choques eléctricos directos e indirectos (actividades en subestaciones eléctricas); inhalación y contacto con sustancias químicas, por causa de manipulación de químicos en laboratorio; asfixia por gases producto de la combustión; contacto con sustancias corrosivas; agentes físicos como ruido, vibraciones, radiaciones ionizantes y no ionizantes; entre otras.

Aun cuando en el país el número de personas que se desempeñan en la actividad laboral de generación de energía eléctrica ha aumentado (14.562 en 2009 y 23.545 en 2017)¹;

y a pesar de que en el decreto 2090 de 2003 se detallan actividades y prácticas consideradas de alto riesgo, propias de sector eléctrico, este no es reconocido como trabajo de alto riesgo en Colombia. Por ello, se reconoció la necesidad identificar los peligros a los que están expuestos los trabajadores de las centrales termoelectricas, a través de la presente revisión bibliográfica, que abarca del año 2007 al 2017.

Materiales y métodos

Búsqueda de Información

La revisión sistemática de la literatura existente sobre los riesgos y peligros de centrales termoelectricas, se realizó teniendo en cuenta solo artículos publicados entre 2007 y 2017 en revistas indexadas a nivel mundial. Luego se aplicó la guía PRISMA en la redacción del artículo final, para lo cual se usaron los siguientes descriptores.

DeCS; “Thermoelectric Power Plants “(termoelectricas), “Risk Factors”(factores de riesgos) y “Occupational Risks” (riesgos laborales) y los siguientes descriptores MeSH “Power Plants” (centrales eléctricas), “Occupational Health” (salud laboral) y “Risk Factors” (factores de riesgo) con lo cual se definieron los siguientes criterios de búsqueda o tesauros:

- “Thermoelectric Power Plants “AND “Risk Factors” AND “Occupational Risks” (DeCS).
- “Power Plants” AND “Risk Factors” AND “Occupational Health”. (MeSH).

Para la búsqueda de información se escogió la base de datos Scopus, Pubmed, Science Direct y Google Académico, dentro de los criterios de inclusión de la búsqueda se tuvieron en cuenta solo las centrales térmicas o termoelectricas que utilizan la energía térmica de la biomasa y de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón, se excluyeron las centrales nucleares.

Selección de la información.

Se seleccionaron 47 artículos, y se organizaron con la ayuda del gestor bibliográfico Mendeley para facilitar su organización por títulos, autor, revista, resumen, país, tipo de estudio, análisis estadístico y poder completar la matriz de información de los artículos seleccionados.

Después de hacer la búsqueda con los criterios establecidos, se seleccionó el total de artículos según el cumplimiento de los siguientes criterios de inclusión y de exclusión.

Criterios de inclusión

Se incluyeron los estudios que tratan de los riesgos y peligros a los que están expuestos los trabajadores en termoelectricas, y que cumplieran con las siguientes condiciones:

- Artículos que describieran e identificaran riesgos ocupacionales en termoelectricas: riesgos físicos, químicos, biológicos etc.
- Estudios transversales, descriptivos, de cohorte, casos y controles.
- Los artículos debían estar en texto completo.
- Los idiomas seleccionados de los artículos: inglés, español y portugués.
- Población de estudios: personal que labora en termoelectricas.
- Año publicación: periodo entre 2007 y 2017.
- Ubicación geográfica: estudios publicados a nivel mundial.
- Artículos indexados en bases de datos seleccionadas.
- Artículos publicados acerca de riesgos físicos, químicos, biológicos y psicosociales.

Criterios de exclusión

- Los artículos deben referirse solo para centrales térmicas o termoelectricas que utilizan la energía térmica de la biomasa y de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. No se tendrán en cuenta centrales nucleares.

Se seleccionaron 21 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión y selección.

Extracción de datos

De los artículos seleccionados, se extrajo la información en una matriz que contenía variables como: autor, año de publicación, revista, tipo de estudio, muestra, población, metodología usada, síntesis o resumen y conclusión. Posteriormente, con esa información se buscaron semejanzas y diferencias para definir las categorías de riesgos físicos, químicos, biológicos.

Análisis de la información

Primero, se realizó un análisis bibliométrico con el propósito de establecer un panorama de los 21 artículos seleccionados en la búsqueda ejecutada en las tres bases de datos: Scopus, Science Direct y Pubmed; además se hizo un conteo según el lugar de publicación e idioma. Seguidamente, se realizó una clasificación de los riesgos encontrados para personal que labora en centrales térmicas de combustibles fósiles. Finalmente,

se llevó a cabo una revisión de los riesgos encontrados y la aparición de enfermedades. Los artículos que cumplieron con los criterios de inclusión son en su mayoría de investigación cuantitativa (n=5, 24 %), cualitativa (n=8, 38 %), casos y controles (n=3, 14 %) y de cohorte (n=5, 24 %). Por la heterogeneidad y diseño de los estudios encontrados, no fue posible hacer un meta-análisis de los riesgos y peligros en termoeléctricas.

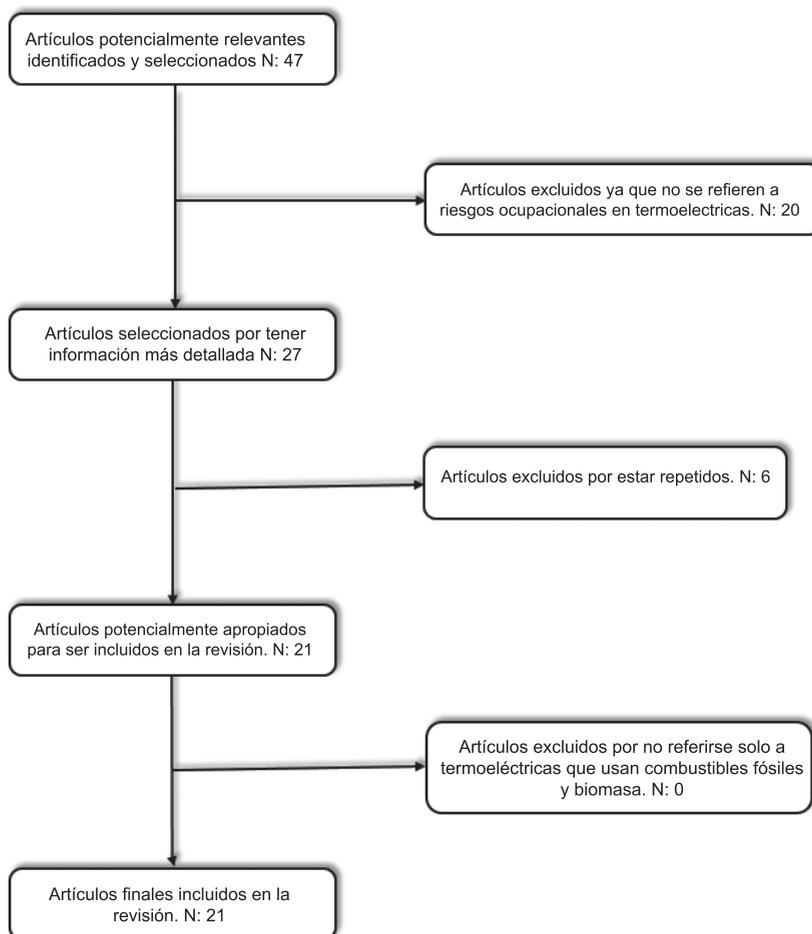


Figura 1. Proceso de selección de los artículos.

Resultados

Después de realizar la búsqueda, aplicando los criterios de selección descritos anteriormente, se encontraron 4.659 artículos, de los cuales 1.117 se referían al tema en estudio, y solo 47 fueron seleccionados, como resultado de una revisión que consistió en la lectura de resúmenes y conclusiones. De los 47 artículos, se descartaron 20 por no referirse exclusivamente a riesgos en termoeléctricas

y 6 artículos que estaban repetidos; es decir finalmente solo 21 fueron seleccionados. (Figura 1)

Lugar de Publicación

Se encontró que la mayoría de las publicaciones seleccionadas acerca de riesgos y peligros de termoeléctricas se han realizado en Inglaterra y Finlandia: n: 3,28 % cada uno. Estados Unidos, Brasil,

India, Polonia, Cuba y Turquía: n: 2, 40 % cada uno; seguidos de Alemania, Canadá, Chile, España, Italia, Portugal y Venezuela: n: 1, 35 % cada uno con una publicación.

Idioma y año de publicación

Se identificó que la mayor cantidad de artículos seleccionados se realizaron en los años 2013 (n: 4) y 2014 (n: 5); de los 21 artículos seleccionados, la mayoría de las publicaciones estaban en inglés (n: 14,81%), español (n: 3,15%) y portugués (n: 1,4 %).

Indicadores de desempeño

Se encontró que el artículo de Sorahan, et al.⁴ tiene 35 citas seguidos por Celik, et al.⁵ con 32 citas; Rohr, et al.⁶ con 14 citas; Felten, et al.⁷ con 13 citas; Zbikowska, et al.⁸ con 9 citas; Jumpponen, et al.⁹ con 8 citas; Sorahan¹⁰ con 3 citas; Sorahan, et al.¹¹ con 5 citas; Jumpponen, et al.¹² con 6 citas; García, et al.¹³ con 6 citas; Rodríguez-García, et al.¹⁴ con 3 citas; Kawalkar, et al.¹⁵; Guida, et al.¹⁶; Braga, et al.¹⁷; con 1 cita cada artículo; Abejie, et al.¹⁸, Laitinen, et al.¹⁹, Ugarte-Avilés, et al.²⁰ que son reconocidos en la base de Scopus pero no tienen citas reportadas. También resultaron cuatro artículos que no son reconocidos en Scopus y no tienen citas. Los autores más citados fueron Sorahan con 43 y Celik con 32.

Tipo de revista y factor de impacto

Las revistas en donde se publicaron los 21 artículos seleccionados se encuentran en las áreas de medicina general, química general, química ambiental, epidemiología, salud, toxicología y mutagénesis, salud pública, salud ambiental y ocupacional, genética, contaminación, manejo y eliminación de desechos e ingeniería ambiental.

De acuerdo a la clasificación del factor de impacto Scimago Journal & Country Rank, hay cuatro revistas en el primer cuartil Q1 (Chemosphere, Occupational and Environmental Medicine, Environmental Health Perspectives y BMC Public Health), cinco revistas en el segundo cuartil Q2 (Occupational Medicine, Journal of Occupational Medicine and Toxicology, Ciência & Saúde Coletiva; Water, Air, and Soil Pollution y International Journal of Environmental Research and Public Health), dos revistas en el tercer cuartil Q3 (Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis y International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health). Por otra parte, se identificaron

8 revistas que no aparecieron en el ranking de Scimago Journal & Country Rank (Work 41, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), IX Congreso Internacional de Informática en Salud 2013, Nacional Journal of Community Medicine, medicina y seguridad del trabajo y Orpjournal). Las revistas que tienen mejor valoración SJR son Chemosphere (SJR: 1.6) y Environmental Health Perspectives (SJR: 3.07).

Métodos y temas centrales de los estudios incluidos en la revisión

En los 21 artículos seleccionados, se encontró variación en los temas; sin embargo, los métodos y técnicas son relativamente constantes. De acuerdo con el tipo de investigación 13 son cuantitativos y 8 cualitativos. El diseño, muestra, población y análisis de resultados se describen en la **Tabla 1**; es preciso mencionar que 12 de los artículos no describen el análisis estadístico. Entre los instrumentos usados se encuentran revisión bibliográfica, historias clínicas, actas de defunción, análisis químicos, análisis de laboratorio de personas, análisis microbiológicos y medición con instrumentación.

Riesgos ocupacionales de los trabajadores en termoelectricas

En la revisión sistemática de la literatura realizada se identificaron los riesgos físicos, químicos y biológicos, a los que se exponen los trabajadores; a continuación, se describirán los estudios publicados en el periodo de 2007 al 2017.

Discusión

En la revisión de literatura sobre los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores en centrales térmicas en el mundo entre 2007-2017, se encontró que se puede clasificar dentro riesgos físicos la exposición a campos magnéticos^{4,10,15}; dentro de los riesgos químicos la exposición a gases de combustión del carbón^{5,20} y en los riesgos biológicos la exposición a gases de combustión y compuestos orgánicos volátiles¹³.

Por otra parte, dentro de la información resultante, llama la atención las ambigüedades del riesgo físico referente al efecto de los campos magnéticos y eléctricos sobre la salud de trabajadores de termoelectricas expuestos a esta condición de trabajo por la presencia de generadores y subestaciones en la industria. **Tabla 2**.

Tabla 1. Metodologías en los estudios seleccionados.

Autor, año	Diseño	Instrumento	Muestra	Población y país	Análisis estadístico
Abejie BA, et al. (2008)	Cualitativo	Análisis de la historia clínica	Aleatoria	Hombre de 59 años que trabajó alrededor de las calderas durante casi 30 años. Estados Unidos	No describe
Agnihotri K, et al. (2013)	Cualitativo	Entrevista a trabajadores expuestos a varios riesgos ergonómicos	Aleatoria	450 trabajadores entre 20 y 25 años de una central térmica. India	No describe
Carin Febres-Cordero Phelan A, et al. (2016)	Cualitativo	Aplicación de Identificación de Situaciones de Riesgo del Instituto Navarro de Salud Laboral (2002)	Aleatoria	790 trabajadores venezolanos se sacó una muestra de 79. Venezuela	No describe
Celik M, et al. (2007).	Casos y controles.	Exámenes de laboratorio realizados.	Aleatoria	Trabajadores sin antecedentes de tabaquismo y consumo de alcohol de una termoeléctrica de carbón. Turquía.	Análisis de correlación rho de Spearman.
Felten MK, et al. (2010).	Casos y controles.	Encuesta basada en cuestionario de actividades ocupacionales.	Aleatoria.	8632 trabajadores de la industria de distribución y generación eléctrica. Alemania.	No describe.
García PV, et al. (2012).	Cohorte.	Análisis de Laboratorio.	Aleatoria.	44 trabajadores de plantas de energía (grupo expuesto) y 47 trabajadores administrativos (grupo no expuesto). Portugal.	Análisis estadístico.
Guida HFS, Brito J, Alvarez D. (2013).	Cualitativo.	Se utilizó el referencial teórico de la Ergología.	Aleatoria.	Trabajadores de una central térmica. Brasil.	No describe.
Jumpponen M, et al. (2014).	Cuantitativo.	Análisis químicos del aire en 8 termoeléctricas.	Aleatoria.	35 trabajadores de termoeléctricas con 37 años promedio de edad. Finlandia.	Análisis de variancia ANOVA.
Jumpponen M, et al. (2013)	Cuantitativo.	Análisis químicos del aire en 8 termoeléctricas.	Aleatoria.	35 trabajadores de termoeléctricas con 37 años promedio de edad. Finlandia.	Análisis de variancia ANOVA.
Kawalkar UG, et al. (2014)	Cualitativo.	Historia clínica y examen clínico completo.	Aleatoria.	400 empleados de una central térmica. India.	Análisis estadístico.
Miranda R, et al. (2013)	Cualitativo.	Metodología para le implementación del Sistema de Gestión Ambiental en las entidades de la UNE	Aleatoria.	Diferentes áreas de una termoeléctrica. Cuba.	No describe.
Zbikowska E, et al. (2014)	Cuantitativo.	Análisis microbiológico a muestras de los 5 lagos.	Aleatoria.	Presencia de Legionella sp, L. pneumophila y Ameba de vida libre.	Análisis de varianza ANOVA. Software STATISTICA 6.0
Miranda R, et al. (2015)	Cualitativo.	Metodología para le implementación del Sistema de Gestión Ambiental en las entidades de la UNE	Aleatoria.	Diferentes áreas de una termoeléctrica. Cuba.	No describe.
Ugarte-Avilés T, et al. (2017)	Cohorte.	Tasa de consulta de emergencia número de consultas registradas.	Aleatoria.	4 centros de salud ubicadas a 5 y 40 km de la termoeléctrica. Chile.	Prueba t de Student para muestras independientes.
Rodríguez-García J A et al. (2012).	Casos y controles.	Historia clínica.	Aleatoria.	Pacientes con leucemia aguda en los 2 hospitales con especialistas en leucemia entre 2000 y 2005. España.	La tasa de incidencia estandarizada anual (SIR) se calculó por el método directo.
Braga CS, et al. (2012)	Cuantitativo.	Cuestionarios y recopilación de datos sobre factores ambientales.	Aleatoria.	Operadores de calderas de vapor. Brasil.	Análisis estadístico de los cuestionarios y recopilación de datos.
Sorahan T, et al. (2007)	Cohorte.	Los análisis se basaron en el estudio epidemiológico en curso de Los trabajadores de generación y transmisión de eléctrica.	Aleatoria.	3997 empleados en el periodo de 1973-2004de los cuales solo79972 tenían historias de trabajo almacenado en sistema. Inglaterra.	La estandarización indirecta (n = 83.997) y la regresión de Poisson (n = 79.972).
Sorahan T. (2014)	Cohorte.	Historias clínicas.	Aleatoria.	73051 empleados de una termoeléctrica entre 1973-2010.Inglaterra.	La regresión de Poisson se utilizó para calcular los riesgos relativos (índices de frecuencia) del desarrollo de subtipos de leucemia o leucemia para categorías de vida, exposición distante (rezagada) y reciente (con tracción)
Sorahan T, et al. (2014)	Cohorte.	Datos del certificado de defunción	Aleatoria.	73051 empleados de una termoeléctrica entre 1973-2010.Inglaterra.	La regresión de Poisson se utilizó para calcular los riesgos relativos (tasa proporciones) de desarrollar cualquiera de las tres enfermedades bajo investigación para categorías de vida, distante (retrasado) y exposición reciente (arrastrada).
Rohr A et al. (2015)	Cualitativo.	Revisión Bibliográfica.	Aleatoria.	Trabajadores termoeléctricos que usan biomasa. Estados Unidos.	No describe.
Laitinen J, et al. (2017)	Cuantitativo.	Análisis de laboratorio de muestras de aire con partículas respirables.	Aleatoria.	Trabajadores manipuladores de cenizas de termoeléctrica de biomasa. Finlandia.	No describe.

Tabla 2. Riesgos físicos en trabajadores de termoelectricas a nivel mundial encontrados en la revisión bibliográfica.

Artículo	Riesgo físico	Enfermedad	RR	IC 95 %	%
Sorahan T, Kheifets L. (2007)	Exposición a campos magnéticos	Alzheimer	1.10	(0.90-1.33)	n. d
		Enfermedad de la neurona motora	1.06	(0.86-1.32)	n. d
		Parkinson	0.88	(0.74-1.05)	n. d
Sorahan T. (2014)	Exposición a campos magnéticos	Leucemia. exposición >10 años	1.19	(0.84 -1.68)	n. d
		Leucemia mieloide aguda (LMA) exposición >10 años	1.53	(0.82 -2.86)	n. d
		Leucemia linfática crónica (LLC) exposición >10 años	1.04	(0.53 -2.04)	n. d
		Leucemia linfocítica aguda (LLA) exposición <10 años	11.48	(1.65 -79.7)	n. d
		Leucemia mieloide crónica (LMC). Exposición >10 años.	2.55	(1.04-6.22)	n. d
Sorahan T, Mohammed N. (2014)	Exposición a campos magnéticos.	Alzheimer Exposición >10 años.	1.30	(0.82-2.05)	n. d
		enfermedad de la neurona motora exposición toda la vida	2.23	(1.21-4.09)	n. d
		Parkinson Exposición >10 años.	1.60	(1.16-2.22)	n. d
Agnihotri VK, Dandotiya DS, Agrawal SK. (2013).	riesgos ergonómicos (exposición a ruido, altas temperaturas, posturas)	Afectaciones osteomusculares	n.d	n.d	n.d
		hipoacusia	n.d	n.d	n.d

Fuente: Elaboración propia.
n.d: no disponible.

En consecuencia, se han realizado estudios en donde se evidencia la relación existente de exposición a campos magnéticos y afectaciones a la salud desde el año 1979, en donde se demostró la aparición de cáncer infantil asociada a la exposición en el lugar de residencia de los menores cercanos a líneas de distribución eléctrica²¹. Sin embargo, en contraposición a este estudio y aunque los niños son más susceptibles a la exposición de campos magnéticos que los adultos; de siete investigaciones incluidas en la presente revisión, seis demostraron que la exposición a campo magnéticos y eléctricos no generó afectaciones en la salud de las personas.

A pesar de lo anterior, no se tiene en cuenta que la mayoría de los estudios reportan el efecto de los campos magnéticos en periodos de tiempo corto (generalmente 24 horas) de exposición a campos magnéticos y eléctricos²².

Existen reportes de otros estudios que presentan en sus resultados afectaciones a la salud como: leucemia linfocítica aguda (LLA), leucemia mieloide crónica

(LMC), al igual que enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de la neurona motora y Parkinson¹¹; cuya aparición se atribuye a factores diferentes a campos magnéticos y eléctricos, ya que se realizó a trabajadores expuestos por periodos de 10 años¹⁰, por lo anterior, las consecuencias en la salud de trabajadores de termoelectricas expuestos a campos magnéticos requiere más estudios de investigación.

Esta revisión demuestra la existencia de riesgos físicos, como las afectaciones por exceso de ruido que pueden ocasionar hipoacusia, pérdida de la capacidad auditiva y problemas del sistema nervioso central²⁴, también se reporta la aparición de enfermedades respiratorias como cáncer de pulmón, asbestosis, mesotelioma de la pleura; lo cual confirma que la mayor morbilidad en termoelectricas es por enfermedades respiratorias seguidas de enfermedades musculoesqueléticas^{7,15,23,24}.

Respecto a riesgos químicos, los gases resultado de la combustión de carbón pueden originar aberraciones cromosómicas, poliploidía, intercambio de cromátidas,

células micro nucleadas en linfocitos, generando daños genéticos y posibles enfermedades en la sangre⁵, igualmente la exposición a COV originan células micronucleadas¹³; no obstante, la morbilidad debido al riesgo químico se debe a las enfermedades respiratorias como bronquitis, asma y pericarditis por exposición

a productos generados en la quema de combustibles como metales pesados, compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA), cenizas; un estudio relaciona directamente la inhalación de compuestos de la combustión del carbón con crisis obstructivas bronquiales (COB)²⁰.

Tabla 3. Riesgos químicos en trabajadores de termoeléctricas a nivel mundial encontrados en la revisión bibliográfica.

Artículo	Riesgo Químico	Enfermedad	RR	IC	P
Celik M, et al. (2007)	Exposición a gases de combustión del carbón	Aberraciones cromosómicas (AC)			<0.01
		Poliploidía	n. d	n. d	<0.01
		Intercambio de cromátidas hermanas (ICH)	n. d	n. d	<0.01
		Micronúcleos (MN)	n. d	n. d	<0.05
Celik M, et al. (2007)	Riesgo genotóxico por exposición a gases de combustión.	Aberraciones cromosómicas (AC)	n. d	n. d	<0.01
		Poliploidía	n. d	n. d	<0.01
		Intercambio de cromátidas hermanas (ICH)	n. d	n. d	<0.01
		Micronúcleos (MN)	n. d	n. d	<0.05
			n. d	n. d	5.5
García PV, et al. (2012)	Exposición a compuestos orgánicos volátiles (COV), de los gases de combustión	células micronucleadas (CMN)	12.1	95 % (5.0-29.2)	<0.001
		células con otras anomalías nucleares (ONA: pcinosis, cariólisis y cariorrexis)	1.3	95 % (0.9-2.1)	0.202
Ugarte-Avilés T, et al. (2017)	Exposición a gases de la combustión del carbón.	Crisis obstructivas bronquiales (COB)	4.9	95 % (4.0-5.8)	<0.05

Fuente: Elaboración propia.
 n.d: no disponible.

Otro riesgo identificado en la presente revisión es el biológico; específicamente la exposición a las bacterias *Legionella* sp y *L. pneumophila*, que encuentran en el agua de las torres de enfriamiento las condiciones idóneas para su reproducción; estos microorganismos

son los responsables de la enfermedad del legionario o Legionelosis y fiebre de Pontiac cuyas infecciones ocasionan neumonía, aunque son controlados por tratamiento químico al agua⁸.

Tabla 4. Riesgos Biológicos en trabajadores de termoeléctricas a nivel mundial encontrados en la revisión bibliográfica.

Artículo	Riesgo Biológico.	Enfermedad.	RR	IC	P	Cells/cm ³
Zbikowska E, et al. (2014)	Exposición a <i>Legionella</i> sp	Legionelosis o enfermedad del legionario.	n. d	n. d	n. d	20.43×10 ³
	Exposición a <i>L. pneumophila</i>	neumonía	n. d	n. d	n. d	3.02×10 ³

Fuente: Elaboración propia.
 n.d: no disponible.

De la misma manera, de acuerdo a los estudios revisados se comprobó que aunque aparentemente no existe el riesgo de contraer cáncer, leucemia y daños al ADN por exposición a campos magnéticos y eléctricos, sí es posible por exposición a los subproductos generados en la quema de carbón, biomasa, fuel oil entre otros combustibles como COV, HPA, cenizas y metales pesados (As y Cd, Mn y Pb, y As y Se); una vez más se debería evaluar el efecto de la exposición a campos magnéticos y eléctricos para la salud en trabajadores de centrales térmicas.

Es importante resaltar que, dentro de las limitaciones de la presente revisión bibliográfica se encontraron artículos que no se reportaron en texto completo y los que se referían a factores de riesgos para trabajadores de termoelectricas son pocos; dentro de sus fortalezas se puede destacar que la revisión se realizó con revistas indexadas y la búsqueda se hizo en bases de datos importantes como Scopus, Pubmed y Scient Direct; lo anterior abre nuevas perspectivas en donde deben generarse nuevos estudios, en los cuales se establezca y aclare la existencia de asociación entre la exposición a las condiciones en este sector y la presentación de enfermedades como cáncer, leucemia, enfermedades respiratorias y neurodegenerativas.

En conclusión, es evidente que los trabajadores de termoelectricas están expuestos a contraer enfermedades respiratorias, asma, crisis obstructiva bronquial, hipoacusia, aparición de leucemia y sus variedades, cáncer, y daños genéticos por riesgos químicos.

Estadísticamente por exposición a campos magnéticos se reporta la aparición de leucemia y sus variedades, cáncer, enfermedades neurodegenerativas (Parkinson, Alzheimer, enfermedad de la neurona motora). Algunos estudios concluyen que sí hay relación de enfermedades y este riesgo físico, mientras otros afirman que no hay relación directa y más bien atribuyen la aparición de estas enfermedades a otros riesgos a los que han estado expuestos los trabajadores de termoelectricas en su vida laboral; esto deja un vacío, ya que no se sabe con certeza si la exposición a campos magnéticos y eléctricos es la responsable en algún grado del desarrollo de estas enfermedades debido a que en su mayoría se le atribuyen a riesgos químicos.

Esta revisión permitió identificar algunos de los factores de riesgos y consecuencias o enfermedades laborales en trabajadores del sector, que permitirán el diseño de estrategias y programas de intervención y prevención de seguridad y salud en el trabajo para mantener la salud de los trabajadores en esta industria.

Conclusión

Los factores de riesgos y peligros para trabajadores de termoelectricas identificados en la revisión se pueden agrupar en riesgos físicos, químicos y biológicos; se encontraron reportes de exposición a ruidos por encima de 85 Db, a campos magnéticos y eléctricos, a gases de combustión como cenizas, SOx (óxidos de azufre), NOx (óxidos de nitrógeno), H₂S, SO₂, CO, CO₂, COV (compuestos orgánicos volátiles), HPA (hidrocarburos policíclicos aromáticos); a compuestos químicos como el asbesto y metales pesados y exposición a bacterias como la Legionella pneumophila; la exposición a los riesgos anteriores pueden reflejarse en enfermedades laborales para los trabajadores de centrales térmicas.

Para terminar, no queda claro la relación de afectaciones a la salud por exposición a campos magnéticos y eléctricos (leucemia, Alzheimer, Parkinson y enfermedad de la neurona motora), ya que se encontraron algunos estudios que relacionan la aparición de enfermedades debido a este riesgo, mientras otros artículos no muestran esta vinculación. Esto abre la posibilidad de realizar trabajos de investigación para definir y evaluar qué tan perjudicial sería la exposición a campos magnéticos y eléctricos, conocer qué tanto afecta la exposición a estos riesgos, en especial la exposición a campos magnéticos, esto es importante para tener un punto de partida en la prevención de enfermedades y accidentes laborales de los trabajadores de este tipo de plantas generadoras de energía eléctrica.

Conflicto de interés

No hay conflictos de intereses de los autores.

Referencias

1. Federación de aseguradores colombianos. Estadísticas del ramo. Reporte por clase de riesgo y actividad económica. Bogotá 2018 (internet). Bogotá: Fasecolda; 2018. <https://sistemas.fasecolda.com/rldatos/Reportes/xClaseGrupoActividad.aspx>
2. Ministerio de Minas de Colombia. Nuevo plan de expansión eléctrico mantiene impulso renovable. Bogotá 2017 marzo 21. Bogotá: UPME. http://www.upme.gov.co/Comunicados/2017/Comunicado_UPME_02_2017.pdf
3. García S. Operación y mantenimiento de centrales ciclo combinado. Madrid, España: Díaz de Santos; 2008.
4. Sorahan T, Kheifets L. Mortality from Alzheimer's, motor neuron and Parkinson's disease in relation to

- magnetic field exposure: findings from the study of UK electricity generation and transmission workers, 1973-2004. *Occup Environ Med.* 2007; 64(12), 820-826. doi: <https://doi.org/10.1136/oem.2006.031559>
5. Celik M, Donbak L, Unal F, Yüzbasioğlu D, Aksoy H, Yılmaz S. (2007). Cytogenetic damage in workers from a coal-fired power plant. *Mutat Res.* 2007; 627(2), 158-163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2006.11.003>
 6. Rohr AC, Campleman SL, Long CM, Peterson MK, Weatherstone S, Quick W, et al. Potential occupational exposures and health risks associated with biomass-based power generation. *Int J Environ Res Public Health.* 2015; 12(7), 8542-8605. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph120708542>
 7. Felten MK, Knoll L, Eisenhawer C, Ackermann D, Khatib K, Hüdepohl J et al. Retrospective exposure assessment to airborne asbestos among power industry workers. *J Occup Med Toxicol.* 2010; 5(15), 1-9. doi: <https://doi.org/10.1186/1745-6673-5-15>
 8. Zbikowska E, Kletkiewicz H, Walczak M, Burkowska A. Coexistence of *Legionella pneumophila* bacteria and free-living amoebae in lakes serving as a cooling system of a power plant. *Water Air Soil Pollut.* 2014; 225(8): 2066. doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-014-2066-y>
 9. Jumpponen M, Rönkkömäki H, Pasanen P, Laitinen J. Occupational exposure to gases, polycyclic aromatic hydrocarbons and volatile organic compounds in biomass-fired power plants. *Chemosphere.* 2013; 90(3): 1289-1293. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.10.001>
 10. Sorahan T. Magnetic fields and leukaemia risks in UK electricity supply workers. *Occup Med (Lond).* 2014; 64(3): 150-156. doi: <https://doi.org/10.1093/occmed/kqu002>
 11. Sorahan T, Mohammed N. Neurodegenerative disease and magnetic field exposure in UK electricity supply workers. *Occup Med (Lond).* 2014; 64(6): 454-460. doi: <https://doi.org/10.1093/occmed/kqu105>
 12. Jumpponen M, Rönkkömäki H, Pasanen P, Laitinen J. Occupational exposure to solid chemical agents in biomass-fired power plants and associated health effects. *Chemosphere.* 2014; 104, 25-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.025>
 13. García PV, Linhares D, Amaral AFS, Rodrigues AS. Exposure of thermoelectric power-plant workers to volatile organic compounds from fuel oil: genotoxic and cytotoxic effects in buccal epithelial cells. *Muta Res.* 2012; 747(2), 197-201. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2012.05.008>
 14. Rodríguez-García JA, Ramos F. High incidence of acute leukemia in the proximity of some industrial facilities in el Bierzo, northwestern Spain. *Int J Occup Med Environ Health.* 2012; 25(1): 22-30. doi: <https://doi.org/10.2478/s13382-012-0010-1>
 15. Kawalkar UG, Kakrani V, Nagaonkar S, Vedpathak VL, Dahire PL, Kogade, PG. Morbidity profile of employees working in a thermal power station parali. *Natl J Community Med.* 2014; 5(2), 161-164.
 16. Guida HFS, Brito J, Alvarez D. Gestão do trabalho, saúde e segurança dos trabalhadores de termelétricas: um olhar sob o ponto de vista da atividade. *Ciência & Saúde Coletiva.* 2013; 18(11), 3125-3136. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232013001100003>
 17. Braga C, Rodrigues V, Campos J, De Souza A, Minette LJ, De Moraes AC et al. Evaluation of thermal overload in boiler operators. *Work.* 2012; 41(1), 470-475. doi: <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0198-470>
 18. Abejie BA, Chung EH, Nesto RW, Kales SN. Grand rounds: asbestos-related pericarditis in a boiler operator. *Environ Health Perspect.* 2008; 116(1), 86-89. Doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.10354>
 19. Laitinen J, Koponen H, Sippula O, Korpijärvi K, Jumpponen M, Laitinen S et al. Peak exposures to main components of ash and gaseous diesel exhausts in closed and open ash loading stations at biomass-fuelled power plants. *Chemosphere.* 2017; 185, 183-191. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.012>
 20. Ugarte-Avilés T, Manterola C, Cartes-Velásquez R, Otzen, T. Impact of proximity of thermoelectric power plants on bronchial obstructive crisis rates. *BMC Public Health.* 2017; 17(1), 1-7. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-016-4008-7>
 21. Miller RD, Neuberger JS, Gerald KB. Brain cancer and leukemia and exposure to power-frequency (50- to 60-Hz) electric and magnetic fields. *Epidemiol Rev.* 1997; 19(2), 273-293. doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.epirev.a017958>
 22. Miller AB, Wall C, Agnew DA, Green LM. Leukemia following occupational exposure to 60-Hz electric and magnetic fields among Ontario electric utility workers and Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada. *Am J Epidemiol.* 1997; 145(6), 567-568. doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a008902>
 23. Miranda R, Llanes JS, Perdomo M. Defensa en profundidad para la evaluación de riesgos laborales por ruido en termoeléctrica. *Med Segur Trab.* 2015;

- 61(240): 354-366. doi: <http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2015000300005>
24. Agnihotri VK, Dandotiya DS, Agrawal SK. A total ergonomics model for integration of Health, safety and work to improve productivity of thermal Power Plants. *Int J Modern Eng Res.* 2013; 3(4), 1890-1893. doi: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1065519.v1>
 25. Miranda R, Pell S, Llanes JS, Perdomo M. Laborales por escalones de defensa en termoelectrica de 100 mw s ld 200. *Informatica.* 2013; <http://www.informatica2013.sld.cu/index.php/informaticasalud/2013/paper/view/422/40>.
 26. Argudo A. Análisis de las publicaciones en el tema de la presbicia. (p.p 7). Alicante, España. Universidad de Alicante; 2015.
 27. Broussard G, Bramanti O, Marchese FM. Occupational risk and toxicology evaluations of industrial water conditioning. *Occupational Medicine.* 1997; 47(6), 337-340. doi: <https://doi.org/10.1093/occmed/47.6.337>
 28. Carin Febres-Cordero Phelan A, Guédez V. Diagnóstico de riesgos psicosociales en proyecto chino-venezolano: construcción planta termoelectrica. *Orp J.* 2016; 6, 3-10. <http://www.orpjournals.com/index.php/ORPjournal/article/view/42>.
 29. Erdal N, Erdal ME, Gurgul S. Lack of effect of extremely low frequency electromagnetic fields on cyclin-dependent kinase 4 inhibitor gene p18(INK4C) in electric energy workers. *Arch Med Res.* 2005; 36(2): 120-123. doi: 10.1016/j.armed.2004.12.015.
 30. Felipe Sexto L. Análisis de ruido en áreas de la central termoelectrica Habana. *Ing Mecánica.* 2002; 5(3): 25-29. <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/289/629>.
 31. Colombia. Ministerio de trabajo. Decreto 1607 de 2002. Por el cual se modifica la tabla de clasificación de actividades económicas para el sistema general de riesgos profesionales.
 32. Nakagawa M. A study on extremely low-frequency electric and magnetic fields and cancer: Discussion of EMF safety limits. *J Occup Health.* 1997; 39(1), 18-28. doi: <https://doi.org/10.1539/joh.39.18>
 33. Portafolio. Habrá cinco plantas térmicas al 2018 en el país. <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/habra-cinco-plantas-termicas-2018-pais-113288>.
 34. Tebsa. Termobarranquilla S.A E.S.P. Somos Tebsa. <https://www.tebsa.com.co/somos-tebsa/>.
 35. XM. Compañía expertos en mercado. S. A E.S.P. Consumo. Pronóstico de demanda. <https://www.xm.com.co/Paginas/Consumo/pronostico-de-demanda.aspx>
 36. XM. Compañía expertos en mercado. S.A E.S.P. informe general del mercado enero de 2018. https://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/00_General_Mercado_01_2018.pdf
 37. Zuzewicz K, Konarska M. The effect of age and time of a 24-hour period on accidents at work in operators. *Int Congress Series.* 2005; 1280: 333-338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ics.2005.02.083>
 38. Gurney JG, Van Wijngaarden E. Extremely low frequency electromagnetic fields (EMF) and brain cancer in adults and children: review and comment. *Neuro Oncol.* 1999; 1(3), 212-220. doi: <https://dx.doi.org/10.1093%2Fneuroonc%2F1.3.212>
 39. Vangelova K, Deyanov C, Israel M. Cardiovascular risk in operators under radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Hyg Environ Health.* 2006; 209(2), 133-138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2005.09.008>
 40. Luksamijarulkul P, Kornkrerkkiat S, Saranpuetti C, Sujirarat D. Predictive factors of Legionella pneumophila contamination in cooling tower water. *Air Soil Water Res.* 2014; 7(7), 11-17. doi: <https://doi.org/10.4137%2FASWR.S12972>
 41. McCurdy AL, Wijnberg L, Loomis D, Savitz D, Nylander-French LA. Exposure to extremely low frequency magnetic fields among working women and homemakers. *The Annals Occup Hyg.* 2001; 45(8): 643-650. doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-4878\(01\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0003-4878(01)00034-5)
 42. Vaasma T, Kaasik M, Loosaar J, Kiisk M, Tkaczyk AH. Long-term modelling of fly ash and radionuclide emissions as well as deposition fluxes due to the operation of large oil shale-fired power plants. *J Environ Radioact.* 2017; 178-179: 232-244. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.08.017>
 43. Mancuso V, Giacobbe F, Faranda F, Diaco T. Integrated, health, safety and environmental management system. Case study of power plant. *Chem Engine Transactions.* 2014; 36: 313-318. doi: <https://doi.org/10.3303/CET1436053>
 44. Vangelova K, Israel M, Mihaylov S. The effect of low level radiofrequency electromagnetic radiation on the excretion rates of stress hormones in operators during 24-hour shifts. *Cent Eur J Public Health.* 2002; 10(1-2): 24-28.
 45. Lolea M, Dzitac S. Aspects regarding the practical evaluation of the exposure level in electric and magnetic. *ANNALS Fac Engine Hunedoara Int J Engine.* 2016; 4: 129-138. <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2016/ANNALS-2016-4-19.pdf>

46. Pesch B, Ranft V, Jakubis P, Niewenhuijsen MJ, Hergemoller A, Unfried et al. Environmental arsenic exposure from a coal-burning power plant as a potential risk factor for non-melanoma skin cancer: results from a case-control study in the district of Prievidza, Slovakia. *Am J Epidemiol.* 2002; 155(9), 798-809. doi: <https://doi.org/10.1093/aje/155.9.798>
47. Kelsh MA, Sahl JD. Mortality among a cohort of electric utility workers, 1960-1991. *Am J Ind Med.* 1997; 31(5): 534-544. doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0274\(199705\)31:5<534::AID-AJIM6>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0274(199705)31:5<534::AID-AJIM6>3.0.CO;2-T)
48. Volberg V, Fordyce T, Leonhard M, Mezei G, Vergara X, Krishen L. Injuries among electric power industry workers, 1995-2013. *J Safety Res.* 2017, 60: 9-16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.11.001>