

Innovación tecnológica aplicada en la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas

Erika María Chaparro Figueroa, María Camila Castillo Pico

Monografía para optar el Título de Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo

Director

Iván Edgardo Galán Navarro

Especialista en Salud Ocupacional

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo

2024

Dedicatoria

A Dios, por brindarme el maravillosos don de la vida, por permitirme la realización de mis sueños y de obtener uno de los anhelos más deseados. Por ser mi guía durante este camino, por bendecirme infinitamente y concederme tanto.

A mi hijo Mateo por ser la bendición más grande que la vida me pudo regalar, por su amor incondicional, a él le dedico todos mis esfuerzos, metas y proyectos, por él y para él, porque eres el amor de mi vida y lo mejor de mi mundo. Te amo hijo.

A mis padres, Belsy y Carlos quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. Por ellos soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

A mis abuelos, Lucila, José Antonio y en memoria de Luis Gregorio, que siempre me han brindado su amor, sabiduría, motivación y apoyo incondicional, para el logro de todos los objetivos que me he propuesto en la vida.

A mis hermanos, Roger y Melanny porque son la razón de todo lo que hago y lo que más amo en este mundo.

A Marina que es mi segunda madre, gracias por toda la dedicación, comprensión, colaboración y amor, no hay palabras suficientes para expresar mi gratitud, Dios te bendiga.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A nuestros profesores por inculcarme el saber y el conocimiento.

Camila Castillo

En primer lugar, gracias a Dios por brindarme la sabiduría para desarrollar de la mejor manera esta meta personal y darme la fortaleza para poder lograr uno más de mis sueños.

A mí es esposo, Andrés por ser ese compañero de vida que me apoyo incondicionalmente y me motivo cada día para ser una mejor esposa, madre y profesional, por creer en mí y ayudarme a cumplir un sueño más. Te amo, gracias por ser un excelente esposo y padre.

A mi Hijo, Juan Andrés por haber llegado a mi vida a llenarla de amor. Enseñarme a ser mamá, brindarme su amor puro, enseñarme cosas nuevas, eres el regalo más preciado que me pudo dar Dios, te amo, hijo.

Erika chaparro

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por guiarnos en nuestro camino y por permitirnos concluir con nuestro objetivo de ser Especialistas en Seguridad y Salud en el Trabajo. ¡Lo logramos!

A nuestro Profesor Iván Galán Navarro, por compartir más que su conocimiento, su incomparable forma de ser, por ser un apoyo indispensable para culminar esta etapa y contribuir significativamente en nuestra formación como Especialistas en Seguridad y Salud en el Trabajo.

¡Gracias Profe!

A nuestros docentes de la especialización, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión y formarnos como personas integra.

A nuestra universidad Santo Tomas de Aquino, por formarnos como profesionales y personas, por haber sido nuestro segundo hogar en este año de formación, por hacer de nosotros profesionales íntegros y comprometidos con la sociedad.

Camila Castillo y Erika Chaparro.

Contenido

Introducción	15
1. Innovación tecnológica aplicada en la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas.....	18
1.1 Planteamiento del Problema	18
1.2 Formulación del problema.....	20
1.3. Justificación	20
1.4. Objetivos	23
1.4.1 Objetivo general	23
1.4.2 Objetivos específicos.....	23
2. Estructura temática	24
3. Marco referencial	25
3.1 Marco de antecedentes	26
3.2 Marco teórico	29
3.2.1 Innovación	29
3.2.2 Tecnologías emergentes	35
3.2.3 Control de riesgos en SST	36
3.3 Marco conceptual	39
3.3.1 Seguridad y salud en el trabajo (SST)	39
3.3.2 Inteligencia artificial (IA).....	39
3.3.3 Realidad aumentada (RA)	39
3.3.4 Innovación tecnológica.....	40
3.3.5 Robótica.....	40

3.3.6 Realidad extendida	40
3.3.7 Tecnologías de la información y la comunicación	40
3.3.8 Trabajo en alturas	41
3.4 Marco legal.....	41
3.5 Marco normativo	43
4. Diseño metodológico	44
4.1 Alcance.....	45
4.2 Ecuación de búsqueda	46
4.3 Criterios de elegibilidad	49
4.4 Fuentes de información	50
4.5 Análisis de estudios	51
5. Desarrollo.....	51
4.4. Identificación de innovaciones tecnológicas aplicadas en SST.....	53
4.5. Aspectos positivos y negativos de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST	56
4.6. Recomendaciones y buenas prácticas para la implementación de innovaciones tecnológicas..	58
5. Conclusiones.....	65
Referencias.....	67

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Estructura temática.</i>	24
Tabla 2. <i>Fases de la innovación.</i>	30
Tabla 3. Tipos de innovación según su impacto.	34
Tabla 4. Ejemplos de implementación de la jerarquía de controles.....	38
Tabla 5. <i>Normas Generales.</i>	42
Tabla 6. <i>Normas Internacionales.</i>	44
Tabla 7. <i>Estrategia PICO.</i>	46
Tabla 8. <i>Ecuaciones de búsqueda.</i>	46
Tabla 9. Criterios de inclusión y exclusión.....	50
Tabla 10. <i>Fuentes de información.</i>	51
Tabla 11. <i>Ecuación de búsqueda.</i>	52
Tabla 12. <i>Bases de datos analizadas.</i>	53
Tabla 13. Innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST.....	54
Tabla 14. Aspectos positivos y negativos de las innovaciones tecnológicas.....	57
Tabla 15. Recomendaciones y buenas prácticas de las innovaciones tecnológicas.....	59
Tabla 16. <i>Casos de éxito</i>	61
Tabla 17. <i>Manuales y guías de SST.</i>	63

Lista de figuras

Figura 1. <i>Tipología de la innovación</i>	31
Figura 2. <i>Clasificación de la innovación</i>	32
Figura 3. <i>Áreas de la innovación</i>	32
Figura 4. <i>Surgimiento de la innovación</i>	33
Figura 5. <i>Jerarquía de control</i>	37
Figura 6. <i>Diseño metodológico</i>	45
Figura 7. <i>Ecuación de búsqueda final</i>	47
Figura 8. <i>Ecuación de búsqueda en ScienceDirect</i>	48
Figura 9. <i>Ecuación de búsqueda en Scopus</i>	48

Lista de apéndices

Apéndice A: *Bitácora de revisión de literatura*

Apéndice B: *Protocolo de revisión de alcance*

Apéndice C: *Semáforo de artículos y bases de datos*

Apéndice D: *Innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST*

Apéndice E: *Matriz de identificación de aspectos positivos y negativos de las innovaciones tecnológicas*

Nota: véase archivos en fuente externa

Resumen

Este estudio surgió debido a la necesidad de generar nuevos conocimientos y herramientas en los temas referentes a la seguridad y salud de los empleados, debido al alto grado de accidentabilidad, enfermedades laborales y hasta muertes que se presenta a diario en los diferentes entornos y sectores de trabajo. Esto no solo afectan la salud de los empleados, sino que también generan una serie de consecuencias que influyen en el desarrollo de la organización, a causa de las tareas críticas, entre las identificadas y que más generan accidentes de trabajo son las catalogadas como trabajo en alturas.

Por lo tanto, la presente monografía se abordó por medio de una revisión de literatura de los últimos cinco años, en la cual se identificó las innovaciones tecnológicas aplicadas a la seguridad y salud en el trabajo como opción de mejora en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, recopilando la información referente a los aspectos positivos y negativos, de igual manera las recomendaciones y buenas prácticas para su correcta implementación, esto con la finalidad que puedan acceder a ella según su necesidad y beneficiarse en las medidas de control, procedimiento de trabajo seguro, formación y entrenamiento del personal, a la vez estar actualizados en los avances tecnológicos que puedan aportar en la mitigación del riesgo y así poder construir una cultura de prevención en materia de SST.

Palabras claves: innovación tecnológica, seguridad y salud en el trabajo, trabajo en alturas

Abstract

This study emerged from the need to generate new knowledge and tools in occupational safety and health due to the high incidence of workplace accidents, occupational diseases, and fatalities across various sectors. These incidents not only harm employees' health but also have far-reaching consequences affecting organizational development. Critical tasks, particularly those involving work at heights, are identified as major accident contributors.

This monograph reviews the last five years of literature, focusing on technological innovations applied to occupational safety and health to enhance risk control in height work activities. The research compiles information on positive and negative aspects, recommendations, and best practices for effective implementation. The goal is to provide accessible information, enabling organizations to benefit from control measures, safe work procedures, personnel training, and staying updated on technological advancements that mitigate risk. Ultimately, this aims to foster a culture of prevention in occupational safety and health.

Keywords: technological innovation, occupational safety and health, height work

Glosario

Accidente de trabajo: es accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte (Congreso de la Republica, ley 1562,2012).

Autocuidado: se define como actitud y aptitud para realizar de forma voluntaria y sistemática actividades dirigidas a conservar la salud y prevenir accidentes o enfermedades (Ministerio de Trabajo, Resolución 4272,2021).

Bienestar en el trabajo: cumplimiento de las necesidades y expectativas físicas, mentales, sociales y cognitivas de un trabajador relacionadas con su trabajo (Norma Internacional, ISO 4503,2021).

Capacitación: es toda actividad a corto plazo realizada en una empresa o institución autorizada, con el objetivo de preparar el talento humano mediante un proceso en el cual el participante comprende, asimila, incorpora y aplica conocimientos, habilidades, destrezas que lo hacen competente para ejercer sus labores de TA en el puesto de trabajo. (Ministerio de Trabajo, 2021)

Competencia: capacidad para aplicar conocimientos y habilidades con el fin de alcanzar los resultados previstos (Norma Internacional, ISO 45001,2018).

Desempeño de la seguridad y salud en el trabajo (SST): desempeño relacionado con la eficacia de la prevención de lesiones y deterioro de la salud para los trabajadores y de la provisión de lugares de trabajo seguros y saludables (Norma Internacional, ISO 45001,2018).

Digital Twins (gemelos digitales) y Realidad Extendida: permiten simulaciones precisas y el monitoreo de escenarios del mundo real en entornos virtuales (Onirix, 2023).

Enfermedad laboral: es enfermedad laboral la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar (Congreso de la Republica, 2012).

Exposición: situación en la cual las personas se encuentran en contacto con los peligros.

Headsets de Realidad Extendida (XR): permiten a los usuarios explorar entornos virtuales e interactuar con contenido digital (Onirix, 2023).

Invocación: acto de declarar que los acuerdos de continuidad de negocio de una organización deben ponerse en vigencia para continuar la entrega de productos o servicios clave (Norma Internacional , ISO 22301,2019).

Medidas de control: medidas implementadas con el fin de minimizar la ocurrencia de accidentes, incidentes o enfermedad profesional (Onirix, 2023).

Oportunidad para la seguridad y salud en el trabajo (SST): circunstancia o conjunto de circunstancias que pueden conducir a la mejora del desempeño de la SST (Norma Internacional, ISO 45001,2018).

Organización: persona o grupo de personas que tiene sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para el logro de sus objetivos (Norma Internacional, ISO 45001,2018).

Parte interesada: persona u organización que puede afectar, verse afectada, o percibirse como afectada por una decisión o actividad (Norma Internacional, ISO 45001,2018).

Programa de prevención y protección contra caídas en alturas: es la planeación, organización, ejecución y evaluación de las actividades identificadas por el empleador como necesarias de implementar en los sitios de trabajo en forma integral e interdisciplinaria, para prevenir la ocurrencia de accidentes y enfermedades laborales por trabajo en alturas y llegado el

caso las medidas de protección implementadas para detener la caída una vez ocurra o mitigar sus consecuencias (Ministerio de Trabajo, 2021).

Realidad aumentada (AR): tecnología que superpone información digital al entorno real del usuario, mejorando su percepción de la realidad (Onirix, 2023).

Realidad mixta (MR): también conocida como realidad híbrida o realidad mediada, es una combinación de tecnologías de AR y VR (Onirix, 2023).

Realidad virtual (VR): Tecnología que sumerge a los usuarios en un entorno completamente generado por computadora, desconectándolos del mundo físico (Onirix, 2023).

Smartglasses: las gafas inteligentes son otra pieza crucial del hardware en el ecosistema de la realidad extendida (Onirix, 2023).

Trabajador: persona que realiza trabajo o actividades relacionadas con el trabajo que están bajo el control de la organización. (Norma Internacional, ISO 45001,2018)

Trabajo en alturas: toda actividad que realiza un trabajador que ocasione la suspensión y/o desplazamiento, en el que se vea expuesto a un riesgo de caída, mayor a 2.0 metros, con relación del plano de los pies del trabajador al plano horizontal inferior más cercano a él (Ministerio de Trabajo, 2021).

Introducción

En la actualidad, la Seguridad y Salud en el Trabajo está en constante cambio y evolución, debido a los rápidos avances tecnológicos que transforman aspectos del mundo laboral, esto trae consigo distintas formas de conocimiento, aprendizaje, entrenamiento, capacitación y a la vez se debe anticipar los riesgos nuevos y emergentes, para proteger a los trabajadores en todo lo relacionados con aspectos con SST. Puesto que, según cifras de la Organización Mundial del Trabajo en el año 2023, casi 3 millones de personas mueren por accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo, de tal forma que los diferentes entes gubernamentales, los trabajadores y empleadores deben interesaren en el cuidado y prevención en materia de la seguridad y salud, ya que a medida que se presenta distintos cambios e innovaciones, se va transformando el lugar de trabajo, al igual que las necesidades de la investigación en los centros de formaciones y universidades para encontrar alternativas y soluciones a los problemas relacionados con la Seguridad y salud en el Trabajo (OIT, 2019).

Por lo cual, la SST no acaba en los lugares de trabajo y empleo como tal, sino también repercuten en la salud y bienestar de las personas en general, la sociedad y la economía. Es por esto por lo que, se debe prestar atención en todas las tareas críticas que generan mayor grado de accidentabilidad a nivel mundial, para buscar alternativas que promuevan la prevención de la salud, la gestión de los diferentes riesgos y enfermedades.

De tal manera, que se presentan distintas reportes e informes por parte de las administradoras de riesgos laborales, en las cuales una de las tareas críticas que más presentan accidentes de trabajo son las clasificadas como trabajo en alturas. Estas actividades o tareas tienen

un rol importante en el contexto internacional, nacional y regional, siendo estas catalogadas como actividades de alto riesgo en la disciplina de seguridad y salud en el trabajo.

En consecuencia, se crea el interés por la realización del presente trabajo en modalidad de monografía, enfocada en la revisión de literatura publicada en los últimos cinco años de las diferentes bases de datos y literatura gris, referentes a la innovación tecnológica aplicada en la seguridad y salud en el trabajo en las actividades de trabajo en alturas, con el fin de aportar información de estudios realizados, soluciones innovadores que ofrecen las empresas, en diferentes países que ayuden a mitigar, prevenir los accidentes de trabajo y aportar mejoras en lo referente a la SST.

En efecto, este proyecto está dividido por capítulos de la siguiente forma: En el capítulo 1 se encuentra la descripción, planteamiento y formulación del problema de interés para la investigación. De igual manera, la justificación, los objetivos generales y específicos formulados para llevar a cabo el proyecto de monografía.

En el segundo capítulo, se hace referencia a la estructura temática que expone los lineamientos para el cumplimiento de los objetivos. En el tercer capítulo, es de gran relevancia ya que se presentan el marco de antecedentes el cual se tomó como el punto de partida y como apoyo en los distintos contextos de estudio, además se presenta las bases teóricas que dan sustento a la investigación referentes a los tipos de innovación, tecnologías emergentes y controles en SST. De igual manera, se presentan las concepciones legales descritas por el estado en normativas, resoluciones, leyes y demás.

En el cuarto capítulo, se estructura el diseño metodológico utilizado en esta monografía, por medio de tres fases se realizaron diferentes actividades para la identificación de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST en trabajo en alturas.

En el capítulo 5, se integra la revisión de literatura realizada y los resultados obtenidos por medio de la identificación tecnológica aplicada en la seguridad y salud en el trabajo como insumo para el diseño e implementación de estrategias de mejoras en el control de riesgo en las actividades de trabajo en alturas y finalmente, se sintetiza la investigación por medio de las conclusiones.

1. Innovación tecnológica aplicada en la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas

1.1 Planteamiento del Problema

Desde los inicios del hombre racional y su evolución se empieza a implementar medidas para la identificación y cuidado de los accidentes, es por esto, que al paso del tiempo y con los avances de la ciencia y la tecnología se ve el interés de adoptar medidas para el control y prevención de riesgos laborales. Por ende, el estudio de los accidentes de trabajo y enfermedades laborales es uno de los factores más relevantes a nivel mundial y cada día cobra más importancia, debido a que son el reflejo de la gestión preventiva de cada organización, ya sea pública o privada, incluidos el estado, las empresas, la academia y demás, puesto que permite entender y analizar el estado en que se encuentra o puede afectar la salud del trabajador y el bienestar, también, la productividad, la economía y el equilibrio social (Cardona y Tabares, 2018).

De acuerdo con, la Organización Internacional del Trabajo en el 2023 casi 3 millones de personas mueren por accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo y se calcula que 395 millones de trabajadores en todo el mundo sufrieron lesiones laborales no mortales; de igual manera, el más reciente informe de siniestralidad laboral en Colombia, por el Observatorio de Seguridad y Salud en el año 2023 se presentaron 561.997 casos de accidentes de trabajo, 11.332 enfermedades laborales y 729 muertes asociadas al trabajo (Consejo Colombiano de Seguridad, 2023), estos índices revelan la importancia del enfoque, cuidado y gestión que cada organismo le debe dar a la Seguridad y Salud en el Trabajo, es por esto, que el gobierno implemento la ley 1562 de 2012, el decreto 1072 de 2015, la resolución 0312 de 2019 y demás normativas legales vigentes en el marco del Sistema General de Riesgos Laborales.

Por lo cual, en las empresas se ha venido adoptando las diferentes leyes, políticas y normativas referentes a la seguridad y salud en el trabajo para prevenir las lesiones y enfermedades causadas por las distintas condiciones de trabajo.

Debido a que, se presentan accidentes de trabajo que no solo afectan la salud de los empleados, sino que también generan una serie de consecuencias que influyen en el desarrollo de la organización, a causa de las tareas críticas y tanto en Colombia como en otras partes del mundo “la agricultura, la construcción, la silvicultura, la pesca y la industria manufacturera son los sectores más peligrosos, con 200.000 lesiones mortales al año, lo que representa el 63% de todas las lesiones profesionales mortales” (OIT, 2023).

De modo, que una de las tareas críticas que cada año deja una fatalidad en el sector económico, es la de trabajo en alturas, motivo por el cual el gobierno implementó distintas normatividades como lo es la resolución 4272 de 2021 de Trabajo en Alturas, puesto que se evidencia más relevancia de accidentes en el sector de la construcción, a causa de diferentes factores, tales como el alto grado de analfabetismo, la falta de implementación de los elementos de protección personal, la falta de capacitación, entrenamiento o los insumo necesarios para realizar las diferentes actividades, por lo cual, se puede presentar este tipo de eventos que pueden resultar hasta la pérdida de la vida de un empleado.

Es por esto por lo que, con las nuevas tecnologías, los cambios demográficos, el cambio climático, las distintas modalidades de empleo y organización del trabajo, se está configurando el mundo laboral, en consecuencia, es y será más importante que nunca anticipar los riesgos nuevos y emergentes relacionados con la seguridad y salud en el trabajo. Ya que la anticipación de los riesgos es un primer paso decisivo para poder gestionarlos con eficacia y para construir una cultura de prevención en materia de SST adaptada a un mundo en constante evolución (OIT, 2019).

En relación con esto, se da el interés por realizar una revisión de literatura, en cual, se busca analizar, identificar y compilar los distintos proyectos, estudios, avances e investigaciones, que puedan aportar significativamente a la innovación tecnológica aplicada en la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas.

Por lo cual, surge la necesidad de contribuir en los diferentes avances, iniciativas, en servir como apoyo a los tomadores de decisiones de los sectores públicos o privados, para que puedan beneficiarse en la formulación de políticas, planes, procedimiento de trabajo seguro, formación y entrenamiento de sus empleados, para evitar los altos índices de accidentalidad y muertes que se presentan en el mundo laboral.

Asimismo, mantenerse actualizados en los avances tecnológicos y poder implementar la realización de trabajos más seguros en la búsqueda de la prevención y control de accidentes de trabajo, enfermedades laborales, también, generar una cultura de educación y autocuidado, mejorando la gestión de la seguridad y salud en el trabajo en las actividades de trabajo en alturas.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles son las innovaciones tecnológicas aplicadas en seguridad y salud en el trabajo que se pueden implementar como opciones de mejoras en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas que se reportan en la literatura publicada en los últimos 5 años?

1.3. Justificación

Este estudio surge debido a la necesidad de generar nuevos conocimientos y herramientas en los temas referentes a la seguridad y salud en los trabajadores, por el alto grado de accidentabilidad y enfermedades laborales que se presenta a diario en los diferentes entornos y

sectores de trabajo, puesto que no solo se afecta el empleado al sufrir algún tipo de accidente, si no su economía en el hogar, también las empresas se ven afectadas por las indemnizaciones, horas laborales perdidas, la productividad y el PIB del país (Duque y Yáñez, 2015). A causa de esto, se genera altos costos económicos en el sistema de seguridad social, a las aseguradoras y la sociedad en general, puesto que es un tema que se presenta a nivel mundial y por ello se recalca la importancia de abordar el tema de prevención, estudio, capacitaciones y entrenamiento del recurso humano de las organizaciones.

Debido a que, es un tema de relevancia social, según Franco (2011) el siniestro laboral deja huella en cuatro grupos vitales: la empresa, el trabajador, la familia y sociedad, también un aspecto económico que afecta mundialmente a la población y sus índices de productividad. Por tanto, los diferentes entes gubernamentales han creado y establecido leyes, normas o reglamentos, con el fin de evitar este tipo de sucesos y a la vez dar a conocer requisitos mínimos, responsabilidades, procedimientos, entre otros, que debe adoptar tanto el empleador como el contratante. De manera que, ayude a prevenir una serie de posibilidades y fatalidades que pueden presentarse en el entorno laboral, ayudando a mejorar la calidad del empleo y la productividad de las empresas, garantizando un ambiente laboral confiable y saludable.

De tal manera, en la actualidad los distintos sectores, organismos políticos y privados deben integrar y promover la seguridad y salud en el trabajo, implementando todas las normativas y las actividades necesarias para reducir los accidentes de trabajo, para fomentar un ambiente y entorno saludable en función de su personal, igualmente, procurar tener felices a los trabajadores para un mayor rendimiento en las actividades que desempeñan.

Sin embargo, a pesar de todas las disposiciones y apoyos que se generan por parte de los diferentes entes, se siguen presentando accidentes de trabajo, según estudios y reportes de las

administradoras de riesgos laborales, una de las tareas críticas que generan más accidentes de trabajo son las catalogadas como trabajo en alturas.

Por lo cual, día a día las grandes y medianas empresas desarrollan algún tipo de actividad de trabajo en alturas considerada de alto riesgo, debido a la exposición del personal a factores no cotidianos o naturales para el ser humano; como lo son cambios de temperatura, de posición y desplazamiento limitado, lo que en consecuencia puede afectar el metabolismo de las personas sometidas a este tipo de funciones. Es por esto por lo que, en Colombia a través de los años, esta labor ha representado un número significativo de accidentes y muertes. (Martínez et ál, 2023, p.2)

Asimismo, se ha dado a entender que el mundo del trabajo está pasando por una ‘cuarta revolución industrial’, puesto que, las tres revoluciones anteriores surgieron con la llegada de la energía de vapor, la electricidad y las computadoras personales (MinTic, 2019), puede decirse que la cuarta la está impulsando la digitalización de la información, también las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), así como avances tecnológicos relacionados con la inteligencia artificial (IA), los análisis avanzados, la robótica, la automatización, los vehículos autónomos, los drones, los dispositivos inteligentes, las impresoras en 3D, las interfaces hombre-máquina, la Internet de las cosas (IoT), entre otros, son cada vez más habituales (Stacey et ál, 2017).

Debido a todos estos avances referentes a ciencia, tecnología e innovación, se da el interés y necesidad de investigar los impactos de los estudios, experimentos y demás temáticas llevadas a cabo, para implementar herramientas que permitan mejorar las condiciones laborales, prevención y mitigación de accidentes, soluciones innovadoras y estudios realizados en lo referente al uso de las tecnologías de la información y comunicación, en el área de seguridad y salud en el trabajo.

Por lo tanto, recolectar la información obtenida por medio de la revisión de literatura, referente a la innovación tecnológica aplicada a la seguridad y salud en el trabajo como opción de mejora en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, para que puedan acceder a ella las empresas de diferentes sectores económicos, asociaciones, gremios y demás tomadores de decisiones para poder beneficiarse en la formulación de políticas, planes, procedimiento de trabajo seguro, formación y entrenamiento del personal, a la vez estar actualizados en los avances tecnológicos que puedan aportar en la mitigación del riesgo y de accidentes de trabajo.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Identificar las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo que se han realizado en los últimos 5 años, por medio de una revisión de literatura como insumo para el diseño e implementación de estrategias de mejoras en el control de riesgo en las actividades de trabajo en alturas.

1.4.2 Objetivos específicos

Identificar las principales innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo que se puedan adaptar en el control de riesgos de las actividades de trabajo en alturas.

Describir los aspectos positivos y negativos en el uso de las innovaciones tecnológicas aplicadas en seguridad y salud trabajo, que puedan implementarse en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas.

Formular las recomendaciones y buenas prácticas para la implementación efectiva de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud trabajo, como alternativas en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas

2. Estructura temática

Con base a la temática de investigación se toma como referencia los objetivos planteados para llevar a cabo una estructura temática que expondrá los lineamientos que se tendrán en cuenta para la identificación de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en actividades de trabajo en alturas, de tal manera que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Estructura temática.

Capítulo	Tema	Subtema	Enfoque
Marco referencial	Aspectos claves para el entendimiento de la investigación a realizar.	• Marco antecedentes • Marco teórico • Marco conceptual • Marco legal • Marco normativo	Bases para el entendimiento de las características fundamentales de la investigación.
Innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST que se puedan adoptar en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas	Identificación de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST que se puedan adoptar en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas por medio de revisión de alcance.	• Diseño metodológico • Desarrollo	Revisión de alcance y análisis de la información encontrada.
Aspectos positivos	Beneficios y ventajas de los avances e investigaciones realizadas.	• Innovaciones tecnológicas en entrenamientos, capacitación y formación de personal • Avances tecnológicos aplicados en la SST • Mejoras en el control y prevención de riesgo.	Identificación de las buenas prácticas y aportes de éxitos realizados en la literatura.

Capítulo	Tema	Subtema	Enfoque
Aspectos negativos	Dificultades, barreras y desventajas de las investigaciones realizadas.	• Efectos negativos en las investigaciones. • Limitaciones	Identificación de limitaciones, desventajas y desafíos en las investigaciones.
Recomendaciones y buenas prácticas	Estrategias para la implementación efectiva.	• Casos de éxito • Buenas prácticas • Recomendaciones para su implementación.	Proponer recomendaciones para la implementación efectiva de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST en las actividades de trabajo en alturas.
Conclusiones	Síntesis de hallazgos	• Resumen de la investigación.	Conclusiones y hallazgos encontrados en la revisión de alcance sobre las innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST en las actividades de trabajo en alturas.

3. Marco referencial

Se procede a la realización de un marco de referencia, el cual contiene un marco de antecedentes que sirve como base contextual en la revisión de la literatura que desarrollaron los distintos autores e instituciones. De igual forma, contiene el marco teórico donde se expone los diferentes aspectos referentes a la innovación tecnológica y sus tecnologías emergentes, también un marco conceptual, donde se plasma aspectos claves para el entendimiento de la investigación a realizar. Asimismo, el marco legal en el cual aparece toda las legislaciones, normativas, resoluciones y demás aplicadas en Colombia a través de los años y, por último, un marco normativo el cual hace referencia a las diferentes normas internacionales como la Organización Internacional de Normalización (ISO), que han sido acogidas con relación a las innovaciones tecnológicas aplicadas en la Seguridad y Salud en el Trabajo y aportan al desarrollo para el presente proyecto de investigación.

3.1 Marco de antecedentes

A continuación, se exponen los antecedentes donde se presentan los resultados de estudios y proyecto de grado que aportan a la temática de investigación sobre innovaciones tecnológicas y la prevención de riesgos en la seguridad y salud en trabajo.

En primer lugar, para el análisis de los proyectos de grado se parte con la investigación llevada a cabo por Diana Vanessa Moreno Ávila, con su proyecto de Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo, titulado “Innovaciones tecnológicas en la seguridad y salud en el trabajo en Colombia: una revisión documental” de la Universidad Santo Tomás, en el cual desarrolló un proyecto de monografía por medio de una revisión sistemática de información, en una ventana de tiempo de 10 años, donde resalta las innovaciones tecnológicas con más incidencia en el entorno laboral para la prevención de riesgos, monitoreo de condiciones laborales, sensores de seguridad, entrenamiento, inspecciones y demás, realizando una contextualización de cada una de ellas con su debida aplicación en la SST, de igual manera, presenta unos casos de éxitos adoptado en Colombia en el uso de integración de tecnologías avanzadas, y a la vez realiza recomendaciones y buenas prácticas. De modo que, aporta al presente proyecto de investigación por medio de la revisión de literatura obtenida, analizando los autores que plasman e investigan las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo en Colombia, donde se puede tomar como base de referencia para la implementación de los avances tecnológicos identificados y las aplicaciones en la sst, dando un enfoque en las actividades de trabajo en alturas.

En segundo lugar, el trabajo de grado que se relaciona con la temática es el realizado por Diego Parra y Deisy Cantor titulado “Revisión sistemática de las tecnologías en la seguridad en el trabajo” de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el cual resaltan aspectos importantes de la investigación acerca de las tecnologías más usadas hoy en día en el ámbito

laboral. Por otra parte, permite ver de manera objetiva cuáles son las diferentes ventajas y desventajas de uso de la inteligencia artificial (IA), la robótica y el internet de las cosas. De igual forma, expone el éxito que se puede tener en una organización a largo plazo, mejorando sus procesos con la implementación de nuevas tecnologías como herramientas de ayuda en promoción y prevención de accidentes de trabajo y gestión del riesgo. De modo que los hallazgos presentados son una herramienta de apoyo para este proyecto de investigación.

Asimismo, se presenta el documento titulado “Avances Tecnológicos de Seguridad y Salud en el Trabajo” realizado por Laura Cupa, Carlos Cortes y José Delgado para el diplomado en el sistema de SST de la Fundación Universitaria del área Andina, donde plasman los avances tecnológicos que se han implementado en los últimos años referentes a seguridad y salud en el trabajo, permitiendo llevar un control en las organizaciones, lo cual ayuda a la supervisión, y disminución los riesgos laborales, con el uso de las distintas plataformas digitales, dispositivos, drones, simuladores, elementos de protección personal, las Tic y entre otros. En este documento, explican cada innovación implementada, con las distintas características, usos e implementación en la SST, además ejemplifica muchas empresas que están aportando a la creación de estas tecnologías para proporcionar ambientes seguridad, capacitación y entrenamiento del personal en los distintos campos de acción.

También, se toma como referencia el Centro de Apoyo a la Innovación en la prevención de Riesgos Laborales constituido en la Universidad Politécnica de Valencia y la Conselleria de Economía Hacienda y empleo con la participación de otros agentes económicos y sociales, cuyo objetivo es potenciar el desarrollo de las actividades de investigación y desarrollo en el campo de la Seguridad y Salud en el Trabajo, con la finalidad de crear una estructura de I+D+I dirigida a la prevención de riesgos laborales, en la cual se apoya con los recursos humanos y materiales de la

universidad para llevar a cabo investigaciones en áreas científicas y tecnológicas que están relacionadas con aspectos de producción y gestión. Por lo cual, las estrategias y prioridades definidas en el Centro de Apoyo son:

- Control del ruido en actividades industriales
- Prevención de la carga física en el trabajo
- Control de la exposición a compuestos orgánicos volátiles
- Requisitos ergonómicos en el calzado de seguridad
- Seguridad en máquinas industriales
- Riesgos biológicos en la hostelería

De igual manera, lleva a cabo diferentes proyectos como líneas de trabajo relacionados con los requisitos ergonómicos de la maternidad en tareas con carga física y el diagnóstico de emisión de ruido mediante intensimetría acústica en maquinaria industrial. Por lo cual, contribuye en el presente proyecto de investigación, ya que sirve como apoyo en la identificación de las actividades de I+D+I en el campo de la seguridad y salud en el trabajo dirigida en la prevención de los riesgos laborales (Page del Pozo, 2002).

Por otra parte, el Observatorio Europeo de Riesgos, presenta un documento titulado “Estudio prospectivo sobre los riesgos nuevos y emergentes para la seguridad y salud en el trabajo asociados a la digitalización para 2025”, el cual se enfocó en identificar en el mundo laboral los riesgos futuros con sus invariables cambios en campo de la seguridad y salud en el trabajo, de igual manera brinda información relacionada con las implicaciones de la innovación tecnológica aclarando que esto depende de los factores gubernativos, financieros, sociales y ambientales existentes, en efecto, este estudio es una herramienta de apoyo, que sirve en este proyecto para tomar como base el impacto que se detectó después realizarse el estudio sobre cuatro escenarios

en los cuales se observaron las diferentes oportunidades y desafíos de la innovación tecnológica por las tecnologías habilitadas por las TIC (Stacey et al., 2018).

3.2 Marco teórico

En el marco teórico se plasman los criterios referentes a los significados de la innovación propuestos través de la historia, sus tipos, fases, clasificaciones y surgimiento de esta, de igual manera, se exponen las tecnologías emergentes, el control de riesgos aplicados en la seguridad y salud en el trabajo.

3.2.1 Innovación

El concepto de innovación ha evolucionado a través de los años con las diferentes actualizaciones y avances que se han implementado mundialmente, debido a que el hombre es un ser pensante en constante adaptación, evolución y crecimiento, por esto, se evidencia el desarrollo a medida que transcurren los años y las facilidades que tienen las personas como tal, gracias a las innovaciones e inventos. De acuerdo con esto, se plasma los diferentes conceptos de innovación adaptados en el transcurso de las historias:

Por lo tanto, en la literatura se puede encontrar un conjunto de diferentes definiciones y términos relativos y referentes a la innovación, entre ellos encontramos el siguiente “Es el proceso de transformación e invención en algo que es comercialmente útil y valioso” (Miller y Morris, 1999, pág. 2 y 3), enfocado a la aceleración del cambio, mejora continua y discontinua en las empresas para así lograr una mayor competitividad; de igual manera, propone el proceso de la innovación en 4 fases:

Tabla 2. *Fases de la innovación.*

Fase 1	Es la transformación de la idea inicial en la definición conceptual de la familia de aplicaciones, dirigidas por la tecnología, productos, servicios o plataforma de distribución, o la combinación de plataformas.
Fase 2	La comunidad de mejoras toma responsabilidad del proyecto. El objetivo es la definición de un diseño dominante validado para las nuevas plataformas y diseños dominantes existentes.
Fase 3	Desarrollo de nuevos productos, servicios, familias de distribución y desarrollo de métodos.
Fase 4	Desarrollo de las actividades de mercado para una familia de producto, específicamente para los nuevos productos, servicios y procesos.

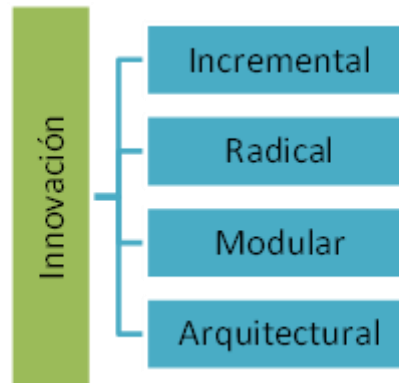
Nota: Adaptado de (Miller y Morris, 1999, pág. 281 y 282).

De igual manera, se presentan los modelos de la innovación y sus cambios en cinco generaciones según (Rothwell, R., 1994):

- Primera generación: Empuje tecnológico
- Segunda generación: El jalón de la necesidad o del mercado.
- Tercera generación: Modelo del acoplamiento
- Cuarta generación: Modelo integrado
- Quinta generación: Integración de sistemas y redes

Por otro lado, Schumpeter, enfatiza que “la innovación consiste no solo en nuevos productos y procesos, sino también en nuevas formas de organización, nuevos mercados y nuevas fuentes de materias primas” (Berry, M.M. y Taggart, J.H, 1994). Además, clasifican la innovación según la magnitud del cambio, por lo cual Dussauge, y Ramantsoa, 1992 propuso la siguiente tipología:

Figura 1. *Tipología de la innovación.*



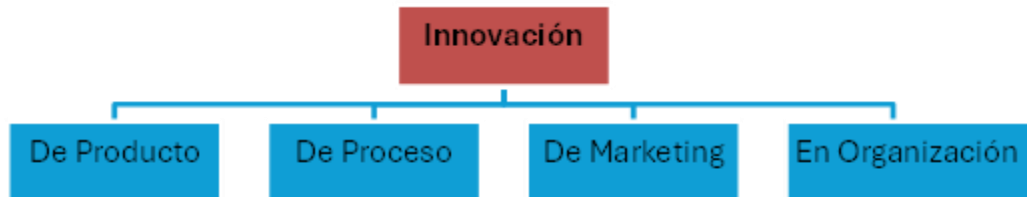
Posteriormente, se propone otro modelo de innovación con un enfoque de la ingeniería de factores tecnológicos y económicos que determinan la viabilidad de la innovación es el de Utterback (2011), el cual consta de seis etapas:

1. Iniciación del proceso
2. Formulación de la idea
3. Formulación del problema
4. Solución del problema
5. Perfeccionamiento y desarrollo
6. Utilización y difusión

Por lo cual, define que la innovación no solo depende de la tecnología, si no se puede concebir innovaciones económicas, sociales, tecnológicas, organizativas, estratégicas, etc., que se originan en diferentes ámbitos. Además, el Manual de Oslo desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), define de la siguiente manera la innovación: “introducción de un nuevo o significativamente mejorado, producto, de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un método organizativo, en las prácticas internas de la empresa,

la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores.” De igual manera, clasifica la innovación de la siguiente forma:

Figura 2. *Clasificación de la innovación.*

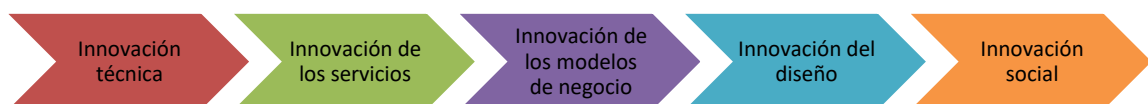


También, en la búsqueda de la literatura se plantea diversas definiciones de innovación basadas según el criterio, el propósito y la fecha del estudio, por ende, se tiene la siguiente definición:

La innovación es un proceso que consiste en convertir en una solución a un problema o una necesidad, una idea creativa, la innovación puede realizarse a través de mejoras y no solo de la creación de algo completamente nuevo. Nuevo puede significar en este sentido una auténtica novedad mundial o bien, una novedad subjetiva desde una perspectiva de una única empresa, o de un trabajador. (Galicía, 2015, p. 14).

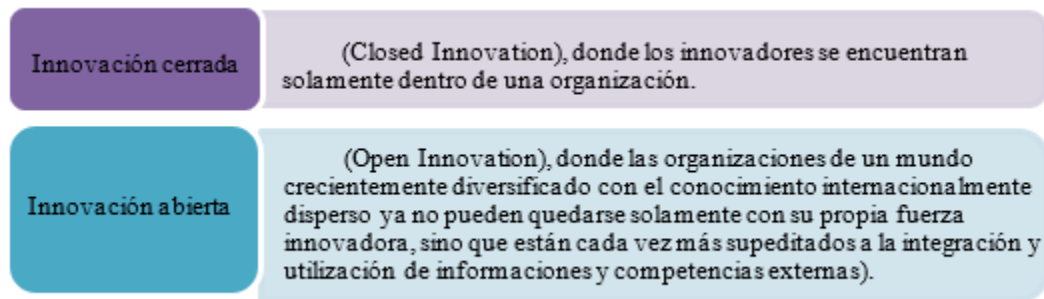
Al mismo tiempo, este autor menciona una serie de categorías de la innovación en algunas áreas relevantes según su criterio:

Figura 3. *Áreas de la innovación*



De la misma manera, menciona que las innovaciones pueden distinguirse según la forma de su surgimiento y las divide en dos:

Figura 4. *Surgimiento de la innovación.*



Adaptado de Galicia, (2015).

En cuanto a, estos dos tipos de innovaciones se generan del resultado de las nuevas tecnologías, donde la innovación cerrada viene de un modelo tradicional y lineal en el cual el conocimiento se crea y se transfiere de forma interna, donde se mantienen las ventajas competitivas en la organización y previene la transferencia de información a los competidores. Por el contrario, la innovación abierta trata del flujo de conocimiento interno y externo, de cooperación y asociaciones con otras empresas para una mayor competitividad, el desarrollo de conocimiento y proceso de innovación continua (González y García, 2011).

De ahí que, la innovación tecnológica es un elemento fundamental en el desarrollo y en crecimiento mundial, es una herramienta que permite estar a la vanguardia de los avances, en la creación de nuevos métodos y estrategias en los diferentes contextos e impactando la vida de las personas, aumentando la productividad y mejorando la eficiencia de productos, servicios, procesos y organizaciones. Es por esto, que la temática referente de la presente investigación está enfocada la innovación tecnológica que es definida y clasificada de la siguiente manera según el criterio de

varios actores compilados en la siguiente tabla se clasifica los tipos de innovación según el impacto en incremental y radical:

Tabla 3. Tipos de innovación según su impacto.

	Autor/año	Propuesta
Innovación incremental	Dewar y Dutton (1986)	Ajustes y mejoras simples o menores en la tecnología en uso.
	Orlikowski (1991)	Es un perfeccionamiento progresivo tanto en productos como en procesos, haciendo uso de recursos tecnológicos y de conocimientos ya existentes.
	Sen y Ghandforoush (2011)	Se califica de adaptativa, su finalidad es la mejora de los procesos y funcionalidades existentes.
	Norman y Verganti (2014)	Es hacer mejor lo que ya hacemos, ya sea en procesos, productos o servicios.
	Forés y Camisón (2016)	Consiste en ejecutar pequeños cambios parciales, progresivos, mejorando productos o procesos ya existentes en el mercado.
	Kang y Hwang (2019)	Se enfoca en mejorar productos o servicios basado en las necesidades actuales de los clientes.
	Ettlie, Bridges y O'Keefe (1984)	Adopción de nueva tecnología como estrategia de cambio estructural para el desarrollo de procesos, formas de producción o servicios en las organizaciones.
	Autor/año	Propuesta
Innovación radical	Dewar y Dutton (1986)	Cambios drásticos, revolucionarios integrando conocimiento para el desarrollo tecnológico.
	Norman y Verganti (2014)	Introducción de idea no aplicada anteriormente, tanto en procesos como en productos. Las ideas innovadoras deben ser diferentes a las ya existentes, contribuyen en la creación de iniciativas futuras.
	Forés y Camisón (2016)	Se enfoca en realizar productos o procesos completamente nuevos, presentando diferencias relevantes en lo que corresponde a su propósito, características y elementos utilizados para su elaboración.
	Shih (2018)	Consiste en efectuar un cambio completo a nuevos productos o servicios que se introducirán en el mercado.
	Kang y Hwang (2019)	Modalidad de enfocarse en nuevos mercados desarrollando productos nuevos y novedosos.

Nota: Adaptado de Acosta et ál, 2020.

Por lo cual, estos dos tipos de innovaciones van de la mano con la tecnología para la construcción de nuevos conocimientos, procesos, productos, servicios, adaptando estrategias diferenciadoras que le permiten a las empresas ser competitivas desde iniciativas novedosas, buscando mejores soluciones a problemas e implementándolas en los diferentes entornos (Acosta et ál,2020).

3.2.2 Tecnologías emergentes

Las tecnologías emergentes han surgido gracias a los procesos de innovación los cuales facilitan y ayudan al desarrollo de los diferentes procesos, productos y servicios que brindan organizaciones, empresas y demás, lo que genera un progreso y mejora de la vida para las personas, en el caso de la Seguridad y salud en el Trabajo, estas tecnologías emergentes han ayudado a la prevención de riesgos laborales, la facilidad de trabajo y la automatización de muchos procesos, asimismo en temas de capacitación, entrenamiento y cuidado de los trabajadores, entre otros.

De tal manera, que las tecnologías emergentes promueven el desarrollo de nuevas formas de pensar, producir, comunicarse, investigar, conocer, trabajar, aprender y enseñar gracias a la aparición y las facilidades de estas, como lo es la presencia del internet de las cosas, la inteligencia artificial, la realidad aumentada, las tecnologías de la información, la robótica y todas las innovaciones tecnológicas que día a día facilitan la vida. Igualmente “Las tecnologías emergentes constituyen innovaciones en desarrollo que en un futuro cambiarían la forma de vivir y de producir brindando mayor facilidad a la hora de realizar tareas, o haciéndolas más seguras” (Concari, 2014).

Por lo tanto, estas tecnologías traen soluciones actuales y reales a las diferentes problemáticas que enfrenta la población, en la SST se está implementando los simuladores virtuales y la realidad aumentada para la capacitación y entrenamiento del personal en temas referentes a las actividades en alto riesgo y ayuda a potenciar el trabajo en los formadores en seguridad y salud en el trabajo, por medio de diferentes ejercicios y métodos empleados.

Debido a, las tecnologías emergentes dadas por la innovación, se está transformando la forma de proteger a los empleados y ayudando a un ambiente laboral seguro y saludable en la SST, esto está dado por las implementaciones de la robótica y automatización que ayudan a reducir el esfuerzo físico y el riesgo al cual son sometidos los trabajadores, también por monitoreos de las

condiciones laborales, los sistemas de alerta, software y demás tecnologías que ofrecen mayor seguridad y comodidad en ambientes laborales, ayudando a minimizar tanto accidentes de trabajo, enfermedades laborales y costos en las organizaciones, por esto la importancia de implementar y aprender a utilizar las tecnologías emergentes que el mercado ofrece para una mayor efectividad en todos los sectores económicos, sociales, etc.

3.2.3 Control de riesgos en SST

Desde que el hombre fue innovando y buscando distintas formas de sostenimiento y desarrollo se presentaron los riesgos laborales, en la actualidad es difícil encontrar un trabajo que no implique los distintos factores de riesgos que se pueden encontrar o generar para la salud, por este motivo se han implementado distintas leyes, normas y controles, tanto para el empleador como para el trabajador, con el fin de minimizar estas consecuencias y volver más seguro el ambiente laboral para procurar que no sucedan tantos accidentes de trabajo como enfermedades laborales que pueda afectar la calidad de vida y la salud del personal (Flores, 2017).

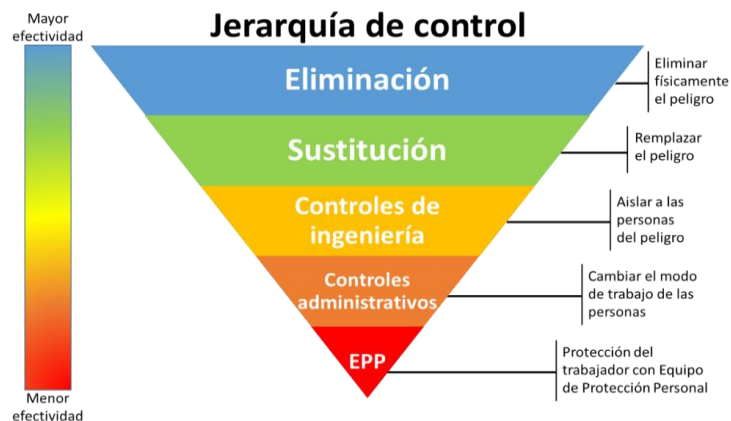
De acuerdo con el control de riesgos la GTC 45 tiene una guía para la identificación y valoración de estos, así las organizaciones pueden identificar los peligros y tomar acción con las diferentes facilidades y herramientas que se cuentan hoy en día en base a las innovaciones tecnológicas y así poder prevenir o controlar los riesgos en la seguridad y salud en el trabajo; estos peligros son clasificados de la siguiente manera:

- Biológicos
- Físicos
- Químicos
- Psicosocial

- Biomecánicos
- Condiciones de seguridad
- Fenómenos naturales

De modo que, se debe obedecer a las diferentes directrices y normas en pro de cuidar a los trabajadores, identificando y evaluando los posibles riesgos que se pueden presentar en los diferentes puestos y ambientes de trabajo, debido a que los empleados tienen derecho a trabajar en condiciones seguras e higiénicas que garanticen su seguridad. En consecuencia, a el control de riesgos la OHSAS 18001 identifica 5 niveles con el objetivo de mitigar o reducir los riesgos asociados a la seguridad y salud en el trabajo, los cuales se representan en la jerarquía de controles en la figura 5.

Figura 5. *Jerarquía de control*



Adaptado de (Martinez , 2022)

De acuerdo con, la imagen de los cinco niveles de la jerarquía del control de riesgos se establece los mejores controles con la finalidad de aplicar los de mayor efectividad en las

instalaciones o sitios de trabajo y no considerar los EPP como primera barrera de seguridad para los trabajadores, debido a que no es el más efectivo en la pirámide, un ejemplo que presenta la GTC 45 de cada nivel de ellos es lo siguiente:

Tabla 4. Ejemplos de implementación de la jerarquía de controles.

Nivel	Ejemplo
Eliminación	Modificar un diseño para eliminar el peligro, por ejemplo, introducir dispositivos mecánicos de levantamiento para eliminar el peligro de manipulación manual.
Sustitución	Reemplazar por un material menos peligroso o reducir la energía del sistema (por ejemplo, reducir la fuerza, el amperaje, la presión, la temperatura, etc.).
Controles de ingeniería	Instalar sistemas de ventilación, protección para las máquinas, enclavamiento, cerramientos acústicos, etc.
Controles administrativos, señalización, advertencias	Instalación de alarmas, procedimientos de seguridad, inspecciones de los equipos, controles de acceso, capacitación del personal.
Equipos / elementos de protección personal	Gafas de seguridad, protección auditiva, máscaras faciales, sistemas de detección de caídas, respiradores y guantes.

Adaptado de (GTC 45,2012)

Por consiguiente, adaptando esta jerarquía de controles de riesgos contemplada por la norma NTC-OHSAS 18001:2207 se podrán evaluar y analizar los controles más factibles y eficaces para poder proteger a los trabajadores, en la actualidad se han implementado varias tecnologías para poder minimizar estos riesgos y existen herramientas que ayudan en la facilidad de tareas y evitar actos no deseados de accidentes y riesgos, por lo cual se da la importancia de buscar en la literatura y recopilar todos los métodos efectivos y estudios realizados para proporcionar seguridad en los trabajadores sin importar el tipo de empleo, entorno o situación.

3.3 Marco conceptual

En este marco plasman los diferentes conceptos que son componentes del presente proyecto, las cuales ayudan a la interpretación de la temática recolectada y da visión para saber el punto de partida de los autores y la forma en que se desarrolla la presente investigación.

3.3.1 Seguridad y salud en el trabajo (SST)

Es una disciplina referente a la prevención de enfermedades y accidentes generados por causa o con ocasión del trabajo adoptando programas y procedimientos para garantizar un ambiente de trabajo seguro. Por tanto, la SST se define como un campo interdisciplinar que comprende la prevención de riesgos (Gea Izquierdo, 2017).

3.3.2 Inteligencia artificial (IA)

Se puede definir en general como una cadena de tecnologías en donde una máquina mediante algoritmos produce entornos cognitivos de los seres humanos permitiendo el desarrollo de labores o actividades profesionales mediante máquinas que piensan y funcionan como personas (Granados Ferreira, 2022) mencionan que la IA puede ser definida hoy como una simulación de la inteligencia humana en una máquina, con el objetivo de hacerla eficiente para identificar y usar los fragmentos correctos del conocimiento para solucionar un problema.

3.3.3 Realidad aumentada (RA)

La RA puede aplicarse en los diferentes entornos laborales para brindar formación y entrenamiento a los trabajadores en donde ellos pueden percibir un entorno real por medio de uno artificial. (Rauschnabel et ál, 2022, p.4) refiere a la creación de una tecnología capaz de generar e incorporar información virtual en un entorno real mediante diversos dispositivos electrónicos.

3.3.4 Innovación tecnológica

Es la trascendencia evolucionaría, que tiene la capacidad y flexibilidad de brindar transformación digital en los diferentes procesos en los cuales su uso es cada vez más necesario. De modo que, se presenta de forma sistemática realizando la exploración en siete áreas en búsqueda de la oportunidad de innovar (Drucker, 1991, p.3).

3.3.5 Robótica

Ciencia que agrupa varias ramas de la tecnología en las cuales se puede desarrollar tareas y actividades del ser humano de manera similar y autónoma. Igualmente, la palabra robótica, entendida como disciplina, fue acuñada por Isaac Asimov (Equipo editorial, 2020).

3.3.6 Realidad extendida

Engloba tecnologías como realidad virtual, mixta y aumentada las cuales son usadas en los diferentes entornos de aprendizaje (Lebel et al., 2017).

3.3.7 Tecnologías de la información y la comunicación

Una definición ampliamente aceptada como una herramienta que facilita la interconexión entre varias personas por medio de programas informáticos y aplicativos que ayudan con la eficiencia de los diferentes procesos dentro y fuera de una organización, de una manera más dinámica para los individuos (MinTIC, 2009).

3.3.8 Trabajo en alturas

Se refiere a toda actividad en desplazamiento o suspensión que ejecuta un trabajador con riesgo de sufrir una caída a una altura superior a 2 metros o inferior con relación al nivel de piso en el que se encuentra ubicado el trabajador (Ministerio del Trabajo, Resolución 4272, 2021).

3.4 Marco legal

En este marco, se puede encontrar algunas leyes conformadas por decretos, resoluciones, circulares y demás adoptadas en Colombia referentes a la Seguridad y Salud en el trabajo, donde se puede evidenciar en la siguiente tabla, cronológicamente cada una de ellas. Por lo cual, se da una breve descripción de los acontecimientos más importantes que han marcado un hito en la SST:

En primer lugar, en Colombia se empieza adoptar e implementar el término referente a la seguridad y salud en el trabajo en el inicio del siglo XX, exactamente en el año 1904, Rafael Uribe trata este tema y promueve la ley 57 de 1915 “Sobre reparaciones por accidentes de trabajo”, siendo este el primer acercamiento al tema (Lizarazoa et ál, 2011). Con respecto a las leyes y normativas el país ha venido actualizando su legislación, tomando como referencia los modelos europeos, el alemán y los británicos, con el fin de pensar en el bienestar de los trabajadores.

Asimismo, el gobierno promovió la ley 9 de 1979 “Por la cual se dictan Medidas Sanitarias” para la protección de la salud del trabajador, en su artículo 81 resalta lo siguiente: “La salud de los trabajadores es una condición indispensable para el desarrollo socioeconómico del país; su preservación y conservación son actividades de interés social y sanitario en las que participan el Gobierno y los particulares.”

Además, se estableció la ley 100 de 1993: “Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones”, también por medio del Decreto 1295 de 1994 “Por el cual

se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales", esto con el propósito de crear y promover una cultura de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

También, en el marco legal se encuentra el decreto 1072 de 2015 “Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector trabajo” en el que se establece el contenido, parámetros y normas del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, para todas las empresas en el país, además describe las responsabilidades y responsables de la seguridad y salud de los trabajadores.

Por otra parte, la resolución 0312 de 2019 “Por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST, donde establece las normas, requisitos y procedimientos de obligatorio cumplimiento de los empleadores y contratantes, estos estándares están clasificados según el número de empleados que laboran en la empresa y el nivel de riesgos del I hasta el V.

En cuanto a, la normatividad también se establecen resoluciones y circulares referentes a la seguridad en el trabajo de alturas de se han emitido por parte del gobierno.

Con respecto a estas leyes, decretos y resoluciones se establecen las medidas necesarias para el cuidado y protección del talento humano de las organizaciones, empresas y diferentes entidades, de modo que se resume el contexto cronológico de estas normas a continuación:

Tabla 5. Normas Generales.

Norma	Expedida por	Descripción
Ley 57 de 1915	Congreso de Colombia	Sobre reparaciones por accidentes de trabajo
Ley 9 de 1979	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias
Resolución 2400 de 1979	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo
Ley 100 de 1993	Congreso de la República de Colombia	Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones

Norma		Expedida por	Descripción
Decreto 2090 de 2003		Ministerio de Protección Social	Por el cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades.
Circular 070 de 2009		Ministerio de Protección Social	Procedimientos e instrucciones para trabajo en alturas
Resolución 1409 de 2012		Ministerio del Trabajo	Por la cual se establece el Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas
Decreto 1072 de 2015		Ministerio del Trabajo	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo
Resolución 1178 de 2017		Ministerio del Trabajo	Por la cual se establecen los requisitos técnicos y de seguridad para proveedores del servicio de capacitación y entrenamiento en Protección contra Caídas en Trabajo en Alturas
Resolución 0312 de 2019		Ministerio del Trabajo	Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST
Resolución 4272 de 2021		Ministerio del Trabajo	Por la cual se establecen los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajo en alturas

Por lo tanto, en la anterior tabla se plasmó toda la normativa referente a la Seguridad y Salud en el Trabajo incorporada en Colombia, a través de los años desde sus primeras aplicaciones hasta las actualizaciones que se presentan hoy en día, y también se nombra la normativa de trabajo en alturas, las cuales sirven como base para el entendimiento de la presente propuesta de investigación.

3.5 Marco normativo

En relación con el marco normativo, se encuentran las diferentes normas internacionales que han sido acogidas con relación a las innovaciones tecnológicas aplicadas en la Seguridad y Salud en el Trabajo, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 6. Normas Internacionales.

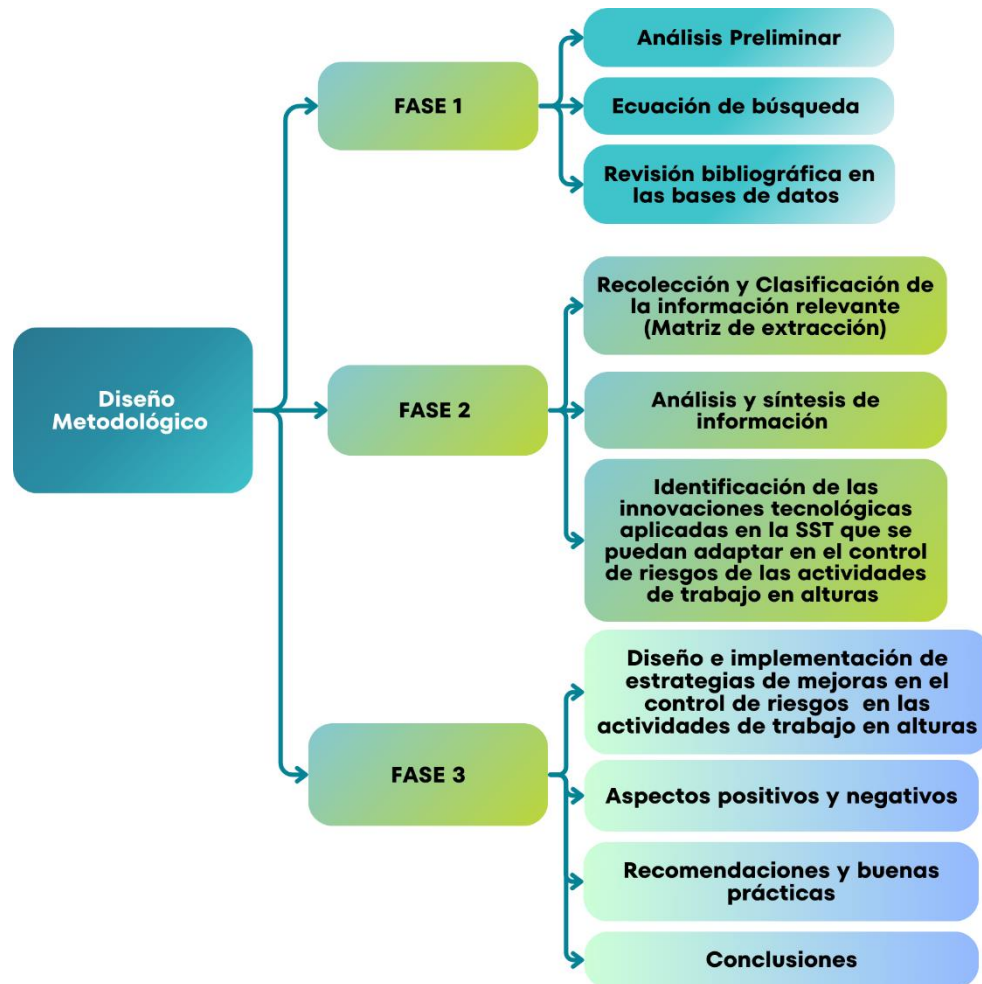
Norma Internacional	Descripción	Información ligada al proyecto Innovaciones tecnológicas aplicadas en SST
ISO 45001 de 2018	Determina los requisitos básicos para implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.	Establece como estrategia de mejora la utilización de nuevas tecnologías para mejorar el desempeño en SST.
ISO/CEI 23894 de 2023	Tecnología de la información — Inteligencia artificial — Orientaciones sobre gestión de riesgos	Permite ajustar cualquier proceso de la organización y su contexto para gestionar el riesgo con el uso de la inteligencia artificial (IA).
ISO/CEI 42001:2023	Tecnología de la información — Inteligencia artificial — Sistema de gestión	Proporciona una guía con enfoque estratégico basado en el ciclo PHVA para que cualquier organización pueda implementar de manera responsable el uso de inteligencia artificial (IA) alcanzando grandes beneficios.
ISO 31000:2018	Establece las directrices para considerar el riesgo como elemento generador de valor basado en 11 principios relacionados con la gestión del riesgo.	Proporciona un enfoque común para administrar, gestionar cualquier tipo de riesgo y no específico de una industria o un sector con la integración de sistemas y tecnologías con inteligencia artificial (IA).
ISO 45003:2021	Establece las directrices para la gestión del riesgo psicosocial dentro de un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.	Permite la orientación sobre la gestión de los riesgos psicosociales y la promoción del bienestar en el trabajo, como parte de un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo con los cambios tecnológicos.
IEC 61508	Norma para la seguridad funcional de equipos eléctricos, electrónicos y electrónicos programables.	Proporciona las bases para el uso en aplicaciones de seguridad e incluye los componentes mecánicos necesarios en las Funciones de Seguridad y es la que utilizan los fabricantes para certificar sus productos en Funciones Instrumentadas de Seguridad.
IEC 61511:2016	Norma para la seguridad funcional Sistemas instrumentados de seguridad para el sector de la industria de procesos.	Instaura la integridad de los sistemas en cualquier fase del ciclo de vida de la seguridad para identificar qué posibles vulnerabilidades puede tener, ahora desde el punto de vista de la seguridad (física y cibernética).
ISO 22301:2019	Gestión de los riesgos globales de cada organización y su capacidad de resiliencia.	Proporciona un marco práctico con el fin de establecer y gestionar un sistema de gestión de continuidad de negocio eficaz con la incorporación de nuevas tecnologías.

4. Diseño metodológico

El presente proyecto se desarrolló integrando la metodología de investigación de revisión de literatura sistemática propuesta por Tranfield y una revisión web de alcance. En el cual se realizó diferentes actividades que permitieron ejecutar el análisis de las innovaciones tecnológicas

aplicadas a la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en actividades de trabajo en alturas.

Figura 6. *Diseño metodológico.*



4.1 Alcance

El presente proyecto de monografía se basa en la revisión de literatura y análisis web por medio de consulta de revistas, artículos, investigaciones, tesis, informes especializados, en idioma español e inglés, disponibles en la web, en fuentes académicas, en una ventana de tiempo de 5 años; de igual manera información de diferentes páginas web, con la finalidad de realizar un

análisis cualitativo de describir los aspectos positivos, negativos, recomendaciones y buenas prácticas en la innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas.

4.2 Ecuación de búsqueda

A partir de la revisión propuesta, se inició con la ejecución de la investigación en la cual, se llevó a cabo la construcción de la ecuación de búsqueda, se tomó como referencia el modelo que sirve para desarrollar una pregunta de investigación PICO. Esta estrategia es utilizada para construir la pregunta de investigación según 4 componentes como se muestra a continuación:

Tabla 7. *Estrategia PICO*

Acrónimo	Significado
P	Población
I	Intervención
C	Comparación
O	Resultado

De tal manera, que para esta investigación se tomó como referencia el acrónimo PIO, por medio de esta estrategia se realizó la construcción de las primeras ecuaciones de búsqueda:

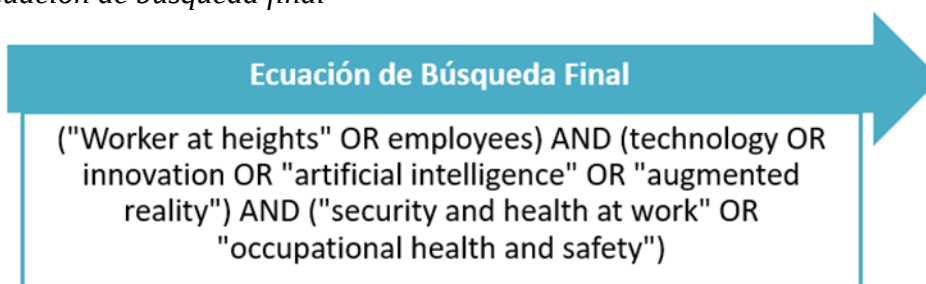
Tabla 8. *Ecuaciones de búsqueda.*

Ecuación de búsqueda	
Ecuación No 1	("Safety and health at work" OR companies OR workers) AND ("Technological innovation" OR "artificial intelligence" OR "augmented reality") AND ("Work at heights" OR falls OR "risk at heights")
Ecuación No 2	("Safety and health at work" OR companies OR people) AND ("Technological innovation" OR "reality simulator" OR "advanced technologies") AND ("Work at heights" OR elevation OR "critical task")
Ecuación No 3	("Safety and health at work" OR employees OR workers) AND ("Technological innovation" OR "information and communication technology" OR "artificial intelligence") AND ("Work at heights" OR "falls" OR "risk in heights")
Ecuación No 4	("safety and health at work" OR industry OR operators) AND ("artificial intelligence" OR "technological advances" OR "virtual channels") AND ("work risks" OR "level drops" OR "risk analysis")

Ecuación No 5 ("safety and health at work" OR workers OR companies) AND ("technological advances" OR "internet of things" OR "innovation") AND ("work accidents" OR "work behavior" OR "risk prevention ")

Sin embargo, al validar las búsquedas la información se encuentra muy dispersa motivo por el cual, se construye una nueva ecuación de búsqueda más centrada en los resultados esperados para el tema de investigación y una ventana de tiempo del 2019 al 2024, y se obtuvo la siguiente ecuación de búsqueda:

Figura 7. Ecuación de búsqueda final



Se ingresó la ecuación de búsqueda a las bases de datos, en ScienceDirect se encontraron 1,524 artículos; para realizar el análisis de los datos obtenidos se recurre al software Vosviewer, en el cual se aplica un análisis de co-ocurrencia de palabras claves asignadas en la base de datos a los artículos (ver figura 8) observando la concentración de cada una, las cuales se enfocan más a la temática de investigación, razón por la cual se decide trabajar con esta ecuación de búsqueda final.

4.3 Criterios de elegibilidad

Se analizarán los artículos extraídos de las diferentes bases de datos por medio de la ecuación de búsqueda, con la finalidad de realizar el análisis de información y poder filtrar los artículos que aporten a la presente temática de investigación e información de diferentes páginas web y buscadores referentes a las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejora en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas.

Con respecto a la ecuación de búsqueda se realizó un filtro de tipo semáforo en 4 bases de datos, en este filtro se llevó a cabo una clasificación tipo semáforo que relacionaba el verde para los documentos que sirven, amarillo para tal vez y rojo para los que no sirven para el presente estudio (ver Apéndice C). Se realizó dicha selección con el fin de filtrar los documentos y hacer una primera aproximación de los artículos que pueden aportar significativamente a la temática de investigación y en los cuales se identifican las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo, caso de aplicaciones de éxitos de formación, capacitación y entrenamiento, artículos relacionados con ia, IoT y demás.

Para la clasificación de los artículos por semáforo, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

1. artículos, libros y demás documentos que se encuentren en la base de datos Scopus, ScienceDirect y Academic Search tm Ultimate.
2. Ventana de tiempo establecida entre los años 2019 a 2024
3. Documentos publicados en inglés, español
4. Artículos referentes a la temática seleccionada SST

De igual forma los criterios de exclusión:

1. Documentos que contienen los términos de búsqueda, pero no contienen información relacionada con el tema de investigación, como las áreas presentes
2. Palabras identificadas generan ruido a la búsqueda como:

Tabla 9. Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Seguridad salud en el trabajo	Costos
Entrenamiento	Prácticas en salud
Realidad Virtual	Gestión verde
Evaluación de riesgos	Concentración de partículas
Realidad aumentada	Digitalización
Riesgos Emergentes	Medio ambiente
IoT	Gases Tóxicos
Inteligencia artificial	Nanopartículas
Capacitación	Normatividad
Formación	Economía
Entrenamiento	Piscicultura
TIC	Biomédica
Buenas prácticas en SST	Bienes
Elevación	Inmuebles
Trabajo en alturas	Demolición
Robótica	Cinemática
Industria 4.0	Impacto ambiental

4.4 Fuentes de información

Según la ecuación de búsqueda el resultado de la cantidad de artículos generados por las diferentes bases de datos son los siguientes. De igual manera, en el **Apéndice C** se puede observar los filtros realizados en cada una de las bases de datos de los posibles artículos para el análisis de información y desarrollo de la temática de investigación.

Tabla 10. *Fuentes de información.*

Base de datos	Número de artículos
ScienceDirect	1525
Academic Search tm Ultimate	216
Scopus	72

De igual manera, se analizará y recolectará la información de diferentes páginas web para identificar los productos, propuestas y estrategias de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas.

4.5 Análisis de estudios

La investigación se realizará por medio del método cualitativo y técnica de análisis de información no numérica puesto que se basa en la revisión de alcance de las innovaciones tecnológicas aplicaciones en las seguridad y salud en el trabajo como opciones de mejoras en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, para posteriormente consignar la información relevante y que aporte a la temática de la investigación del presente proyecto. También se puede observar en el **Apéndice B:** Protocolo de revisión de alcance, de manera más específica el análisis que se realizara en la presente investigación.

5. Desarrollo

Este capítulo está integrado por la revisión de literatura y la identificación de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo como insumo para el diseño e implementación de estrategias de mejoras en el control de riesgo en las actividades de

trabajo en alturas, inicia con la revisión de literatura y se presenta el cumplimiento de los tres objetivos específicos.

5.1 Revisión de literatura

Esta monografía tiene la finalidad de ayudar a los diferentes tipos de empresas o industrias a mitigar y controlar los riesgos referentes a las actividades de trabajo en alturas, cuyo objetivo fue identificar las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo, para dar alternativas de control de riesgos por medio de adopción de nuevas tecnologías y medidas de prevención contra caídas en alturas, entre otros; para ser aplicadas en cada organización de acuerdo a sus necesidades y como insumo e implementación para los tomadores de decisiones, líderes y partes interesadas.

De tal manera que se realizó la revisión de literatura y se procedió a realizar el análisis de los artículos por medio de las bases de datos académicas y otras fuentes para identificar las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo. Por consiguiente, para la revisión la ecuación de búsqueda utilizada fue la siguiente:

Tabla 11. *Ecuación de búsqueda.*

Ecuación de búsqueda
("Worker at heights" OR employees) AND (technology OR innovation OR "artificial intelligence" OR "augmented reality") AND ("security and health at work " OR "occupational health and safety ")

De tal manera que, al realizar la lectura y análisis de cada artículo, como resultado de cada base académica sirvieron para la presente investigación los siguientes:

Tabla 12. *Bases de datos analizadas.*

Base de datos	Artículos
Scopus	14
Academic Search tm Ultimate	4
ScienceDirect	16
Total	34

En efecto, se analizaron los artículos y se extrajo la información para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos de la presente investigación y según lo plasmado en las fases del diseño metodológicos.

Asimismo, se consultaron otras fuentes para identificar las empresas que marcan hito en las innovaciones tecnológicas referentes a temas de seguridad y salud en el trabajo, enfocadas en las actividades de trabajo en alturas, de igual manera se identificaron instituciones, asociaciones y demás que emiten pautas, guías y manuales para la implementación o buenas prácticas en temas de SST.

5.2 Identificación de innovaciones tecnológicas aplicadas en SST

Este proyecto resalta la importancia de las diferentes innovaciones tecnológicas aplicadas en SST, que pueden implementarse en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, ya que tienen un rol importante, puesto que son catalogadas como actividades de alto riesgo en la disciplina de seguridad y salud en el trabajo, en efecto, algunas innovaciones podrían no analizarse como tal, debido a que en el contexto internacional, nacional y regional son de uso normal o convencional. De tal manera que, se presenta una propuesta como insumo para el diseño e implementación de estrategias de mejoras en el control de riesgo en las actividades de trabajo en alturas de las diferentes organizaciones, entes de control, tomadores de decisiones y demás.

Por lo tanto, para el cumplimiento del primer objetivo específico se realizó el **Apéndice D:** Innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST, donde se consigna el tipo de innovación tecnológica identificada y su aplicación en la seguridad y salud en el trabajo, con su respectivo autor, esto con la finalidad de que estas innovaciones tecnológicas se puedan adaptar en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas. De tal manera que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13. Innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST.

Innovación tecnológica	Autor
Cascos inteligentes	(Carter, 2020) (Campero y otros, 2020) (Sreenithy y otros, 2016)
EPI	(Podgórski y otros, 2017)
Cámaras y sensores	(Kelley y J, 2023)
GPS	(Kelley y J, 2023)
Inteligencia artificial	(Kelley & J., 2023) (Akyıldız & Cengiz, 2023)
Software innovador de SST	(Akyıldız y Cengiz, 2023)
Internet de las cosas	(Akyıldız y Cengiz, 2023) (Cherunova y otros, 2024)
Identificación por radiofrecuencia	(Akyıldız y Cengiz, 2023)
Sistema de localización en tiempo real	(Akyıldız y Cengiz, 2023)
Realidad aumentada	(Begüm y otros, 2022) (Akyıldız y Cengiz, 2023)
Computación en la nube	(Akyıldız y Cengiz, 2023)
Sensores de presión y flujo	(Akyıldız y Cengiz, 2023)
Robots inteligentes	(Akyıldız y Cengiz, 2023)
Tecnología de captura de movimiento	(Byungjoo y otros, 2017)
Life Band	(Carter, 2020)
Pulsera inteligente	(Byungjoo y otros, 2017) (Aksüt y otros, 2024)
Gafas inteligentes	(Aksüt y otros, 2024)
Arnés con mochila integrada	(Kratos Safety, 2024)
Dispositivo de evacuación y de rescate	(Kratos Safety, 2024)
Grúa móvil con base en H	(Kratos Safety, 2024)
Gancho de suspensión para pértiga telescópica	(Kratos Safety, 2024)
Escalera de rescate	(Kratos Safety, 2024)
Zigzag	(Petzel, 1995-2024)
Plataformas de elevación	(Ecolift, s.f.)
Andamios unipersonales	(Ecolift, s.f.)
Drones	(Jordàn y otros, 2018) (Díaz Cantos, 2015) (Zhou & Gheisari, 2018) (Solórzano y otros, 2021)

Con relación a la identificación de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo, se pueden adaptar en el control de riesgos de las actividades de trabajo en alturas, por medio de diferentes herramientas, instrumentos, equipos, entre otros, para esto, diversos autores realizan estudios y aplicaciones que son las compiladas en esta monografía, de igual manera hay empresas que están creando facilidades para realizar tareas críticas con mayor seguridad.

Por tal razón, en la revisión de literatura se identificó estudios asociados a la implementación de innovaciones tecnológicas, tales como el uso de realidad virtual, simulaciones, realidad aumentada, inteligencia artificial, etc., para la formación, entrenamiento y capacitación en seguridad y salud en el trabajo, lo cual aumenta la adquisición de conocimientos, aprendizaje e información por medio de la gamificación que es una manera interactiva y atractiva para impartir formación a los empleados y que aprendan a identificar los peligros y riesgos que están presentes en el desarrollo de las actividades diarias relacionadas con el trabajo en alturas (Czernecka, 2024).

Asimismo, se encontraron estudios realizados con el uso y aplicación de innovaciones tecnológicas para el monitoreo de los empleados en sus actividades diarias laborales, por medio del uso de herramientas incorporadas con el internet de las cosas, inteligencia artificial, softwares innovadores de SST, y las demás compiladas en el **Apéndice D**; tales como cascos inteligentes, elementos de protección individual, pulseras y gafas inteligentes, con la finalidad de monitorear: las condiciones a las que son expuestas los empleados, la salud, evaluar los riesgos en tiempo real, situaciones de emergencia, el uso adecuado de los equipos de seguridad, nivel de riesgo, ubicación del trabajador, niveles de fatiga, exposición laboral, etc., para poder controlar los riesgos de las actividades de trabajo en alturas (Kelley J, 2023).

De igual manera, se presentan las nuevas propuestas en las medidas de prevención contra caídas en alturas relacionadas con temas de seguridad y salud en el trabajo, para situaciones de emergencia, evacuación y rescate de manera más rápida, dado que permiten mayor seguridad y rendimiento en tareas de difícil acceso, de ahí que cualquier organización las pueda incorporar como medidas de control para la mitigación de riesgos (Kratos Safety, 2024).

Por último, se recopiló una lista de juegos serios los cuales son aplicaciones informáticas interactivas con propósito educativo, utilizados para la enseñanza, que facilitan el aprendizaje, la adquisición de habilidades y competencias, también son atractivos, entretenidos, dinámicos y fáciles de usar (Delgado & Bazán, 2021), motivo por el cual se realizó la identificación de los que aplican a temas referentes en seguridad y salud en el trabajo en las actividades de trabajo en alturas, los cuales se pueden evidenciar en el Apéndice D.

4.3. Aspectos positivos y negativos de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico, se estructuraron los diferentes aspectos positivos y negativos de la identificación de las innovaciones tecnológicas aplicadas en SST, los cuales se propuso para la implementación en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas. Esto se realizó por medio de la revisión de literatura que se aplicaron en las diferentes estudios, con la finalidad de identificar los desafíos significativos relacionados con la adopción de las innovaciones tecnológicas y los aspectos positivos, los cuales tienen un mayor beneficio, para ayudar a efectuar medidas de control, para mitigar los accidentes de trabajo, siendo éstas un nuevo desafío para la implementación de las mismas y una oportunidad de mejora en el campo de SST en los diferentes sectores económicos.

Por consiguiente, se realizó el Apéndice E: Matriz de identificación aspectos positivos y negativos de cada una de las innovaciones tecnológicas propuesta en el numeral anterior. Asimismo, se presenta de manera general una conclusión de la recopilación de estas mismas, clasificadas según el tipo de la innovación tecnológica aplicada a la SST para que puedan implementarse en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, presente en la siguiente tabla:

Tabla 14. Aspectos positivos y negativos de las innovaciones tecnológicas.

Clasificación	Agrupación	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Inteligencia artificial (IA)	- Internet de las cosas - Formación por medio de realidad virtual - Tecnología de captura de movimiento - GPS - Cámaras y sensores - Robots inteligentes - Adopción de tecnología - Internet de las cosas - Realidad virtual - Gafas y pulseras inteligentes - Life Band - Computacion en la nube - Software innovador de SST - Sistemas de localizacion en tiempo real - EPI	- La IA permite monitorear en tiempo real los diferentes peligros en el lugar de trabajo, de igual manera identificar y abordar los distinto riesgos de forma proactiva y mejorar las medidas preventivas. - Las organizaciones pueden aumentar la eficiencia y respaldar las operaciones - Pueden ayudar a las empresas a monitorear y controlar la asistencia y, al mismo tiempo, brindar a los empleados más control sobre su trabajo, permitiéndoles estar más comprometidos y ser más productivos. - Control de los avances en materia de seguridad de las maquinas a través de dispositivos inteligentes en la mitigación de peligros y accidentes de trabajo	- Complejidad por el desconocimiento de las tecnologías existentes y los procesos de trabajo - Baja aceptación de la tecnología por parte de los usuarios - Retos sociales y éticos - Los sistemas de IA pueden ser costosos y requieren una inversión significativa en hardware, software y capacitación - Aumento de riesgos psicosociales como el estrés, fatiga mental, nuevos riesgos en el entorno laboral por la adopción de nuevas tecnologías.
Medidas de prevención contra caída en alturas	- Casco inteligente - Pulsera inteligente - Arnés con mochila integrada - Dispositivo de evacuacion	- Las empresas podrán implementar estas medidas para una mayor seguridad - Cualquier organización puede hacer	- Desconocimiento en el mercado, sobre la existencia y utilidad de los equipo - Los equipos estan limitados a siertas alturas

Clasificación	Agrupación	Aspectos positivos	Aspectos negativos
	• Grúa móvil con base en H • Gancho de suspensión para pértiga telescópica • Escalera de rescate en cinta • ZIGZAG • Plataformas de elevación • Andamios unipersonales	uso de estos equipos para realizar sus actividades de alturas de una manera más segura y rápida • Sistema mas practicos y fácil de armar y utilizar • En algunos casos no se expone al trabajador al riesgo de caída	• Los equipos estan diseñados para hacer uso de manera individual o maximo 2 personas • Costo de los equipos

No obstante, se identificaron los impactos a la transformación, modernización y nuevas oportunidades de estrategias proactivas que integren a la inteligencia artificial y las medidas de prevención contra los trabajos en alturas en los diferentes sectores económicos, fomentando oportunidades significativas para la prevención en el control de riesgos y mitigación de accidentes de trabajo.

4.4. Recomendaciones y buenas prácticas para la implementación de innovaciones tecnológicas

En relación con la identificación de recomendaciones y buenas prácticas para la implementación efectiva de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST, como alternativa en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, se realizó el análisis de los distintos documentos, en el cual se recopiló la información para proponer una acción de mejora según los autores examinados, en estos estudios plasmaban el resultado de las innovaciones tecnológicas aplicadas, de tal manera que se analizaron para extraer la información referente a la correcta implementación de estas.

Por lo tanto, se compilo los resultados de la investigación en la siguiente tabla, la cual muestra el tipo de innovación, las recomendaciones y buenas prácticas según cada autor, dando cumplimiento al tercer objetivo específico.

Tabla 15. Recomendaciones y buenas prácticas de las innovaciones tecnológicas.

Innovación tecnológica	Recomendaciones	Buenas Prácticas	Autor
Capacitación y formación	- Realizar estudios e implementar soluciones innovadoras para los trabajadores de zonas de alto riesgo - Las organizaciones deben equilibrar las distintas innovaciones con el respeto de los derechos de los trabajadores, invertir en el desarrollo de la educación del talento humano, por medio de experiencias de IA para la mitigación de riesgos e identificación de peligros	- Para una correcta formación y capacitación de los empleados es importante informarles a los participantes antes de la formación. - En la capacitación de empleados es importante reconocer las áreas de trabajo, determinar las necesidades y contemplar las opiniones de los trabajadores y analizar correctamente los peligros y riesgos.	(Begüm y otros, 2022)
	Para las capacitaciones impartidas por medio de realidad virtual es crucial identificar el propósito que ayude a establecer las expectativas del aprendizaje	Desarrollar escenarios claros y que sean fáciles de usar para brindar capacitaciones por medio de realidad virtual	(Pribadi y otros, 2024)
Internet de las cosas	Se recomienda el uso de tecnologías portátiles para complementar la movilidad y la función muscular, lo que no solo tiende a mitigar las discapacidades, sino que también reduce las lesiones en el lugar de trabajo y mejora la seguridad en general.	Se logra mantener lugar de trabajo más directamente accesible para las personas con discapacidad.	(Kelley y J, 2023)
Inteligencia Artificial	Las empresas recurren al uso de la IA para promover buenas prácticas de SST y mitigar los riesgos en los diferentes sectores económicos	Se logra mantener monitoreo activo de los datos fisiológicos de los trabajadores con tecnología portátil, con el fin de permitir medir la frecuencia cardíaca, respiratoria y la postura.	(Kelley y J, 2023)
	- Tener cuidado con la clase de información confidencial que se comparte - Se debe explicar muy bien el tipo de tecnología que se va a usar y sus tipos de efectos secundarios. - Es importante mantener informados a los trabajadores.	- La capacitación debe tener el objetivo que los participantes aprendan a identificar condiciones peligrosas, actuar correctamente y promover una actitud de autocuidado y seguridad. - El entrenamiento es efectivo cuando los trabajadores alcanzan los objetivos propuestos y puede	(Rey-Becerra y otros, 2021)

Innovación tecnológica	Recomendaciones	Buenas Prácticas	Autor
		evaluarse a través de distintos criterios de resultados según lo plantee la empresa	
Arnés con mochila integrada	Es bueno darlo a conocer a todas las organizaciones para que puedan incorporarlo dentro que sus equipos de protección individual para cada trabajador	Con el código Qr y la aplicación K-S.ONE se puede validar un sistema de semáforos con tres colores (verde, producto conforme; naranja, producto pendiente de registrar; o rojo, producto no conforme) le ofrece una lectura sencilla del estado del producto.	(Kratos Safety, 2024)
Dispositivo de evacuación y de rescate	Equipo ideal para operaciones de evacuación rápidas	Se cumple con la regla de oro evitar empeorar el accidente	(Kratos Safety, 2024)
Grúa móvil con base en H	Es practico para usarlo a nivel inferior del piso, pero solo hasta una profundidad de 2,28 m	Se puede usar para trabajar en espacios confinados	(Kratos Safety, 2024)
Gancho de suspensión para pértiga telescópica	Se puede utilizar la pértiga telescópica sin exponer al trabador a riesgo de caída	Se puede usar cuando se necesite ascender a la parte superior de plataformas fijas o tanques que cuenten con sistema de acceso vertical a una altura inferior de 9 metros.	(Kratos Safety, 2024)
Escalera de rescate en cinta	Asistencia de manera rápida a un trabajador dejando este pre armado antes de inicial las labores.	Sistema de rescate practico y fácil de armar y utilizar.	(Kratos Safety, 2024)
Zigzag	Las empresas podrán implementar este equipo para una mayor seguridad.	Realización de una poda de árboles más segura	(Petzel, 1995-2024)
Plataformas de elevación	Eleva el rendimiento en cualquier entorno, ya sea en construcción, mantenimiento o tareas industriales.	- Cualquier empresa puede hacer uso de estos equipos para realizar sus actividades de alturas de una manera más segura y rápida en comparación al armar un andamio a una altura de 20 metros. - Funcionan con energía eléctrica, siendo silenciosa, no emiten combustión, amigables con el medioambiente.	(Ecolift, s.f.)

Innovación tecnológica	Recomendaciones	Buenas Prácticas	Autor
Drones	• La persona que maneje o dirija el dron debe estar capacitado para evitar accidentes o daños • Seguir los protocolos, tips y las regulaciones normativas • Mantener protocolos de seguridad • Verificar el sitio y el tipo de clima • Tener claro el objetivo de la captura o monitoreo de datos • Deberá considerarse un instrumento de inspección obligatorio para mitigar los riesgos.	Existen diferentes tipos de drones que mejoran la seguridad y salud en el trabajo • Drones de inventario • Dron salvavidas • Dron desfibrilador • Dron de inspección de estructuras sumergidas • Dron plaguicida y de uso agrario • Dron para tareas de mantenimiento en líneas de alto voltaje • Dron para buscar minas antipersonas • Se ha utilizado para monitorear los trabajos en alturas que se realizan en las líneas eléctricas	(Díaz Cantos, 2015)

De tal forma que, esta recopilación puede aportar de manera significativa a la correcta implementación de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud trabajo, como alternativas en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, aportando los aspectos positivos, buenas prácticas y recomendaciones que fueron identificadas en la revisión de literatura para las distintas organizaciones, empresas, líderes y demás partes interesadas, en adoptar este tipo de soluciones innovadoras en pro de la seguridad y salud de los trabajadores.

También, se presenta la identificación algunos casos de éxitos de empresas que apuestan a la implementación de innovaciones tecnológicas para la formación, entrenamiento y capacitación de sus empleados en la prevención de riesgos y accidentes de trabajo.

Tabla 16. Casos de éxito

Empresa	Innovación tecnológica aplicada	Webgrafía
Europreven	Centro de formación teórica potenciada por medio de la plataforma de realidad virtual de Ludos para realizar formación moderna y de calidad a simulaciones en trabajo en alturas, espacios confinados, riesgos eléctricos, RCP, seguridad en construcción, riesgos con carretillas elevadoras, extinción de incendios, en	

Empresa	Innovación tecnología aplicada	Webgrafía
	total ofrece 20 simulaciones y presenta más de 500 ejercicio para entrenamiento y formación.	
Empresa Ecopetrol	La empresa Ecopetrol de México, integra la tecnología de realidad virtual para el aprendizaje y capacitación de sus empleados, por medio de los cascos de realidad virtual, los cuales simulan distintos escenarios como complemento en la capacitación en seguridad. De tal manera que, simula eventos como el trabajo en alturas, espacios confinados, análisis de riesgos y otros, estos se proyectan a través de un visor de realidad virtual que es conectado a una computadora integrada al software que ofrece la empresa Ludos, con la finalidad de reforzar la cultura de la gente para obtener operaciones más seguras y eficientes. Esta experiencia fue muy satisfactoria para los integrantes de la empresa que recibieron la capacitación, en la cual se sintieron cómodos y fue una forma divertida de reforzar y aprender los aspectos basados de seguridad y salud en el trabajo.	(Ludus Global, s.f.)
Lezama Demoliciones	Esta empresa implementó el entrenamiento y formación de prevención de riesgos por medio de la plataforma de realidad virtual de Ludos, para reducir el impacto medioambiental a través de las simulaciones de extinción de incendios con fuegos virtuales para reducir la huella ambiental.	
Cemex México	Esta empresa dedicada a la construcción implementó la tecnología de Ludus, con la finalidad de promover soluciones innovadoras, incluyeron la realidad virtual para los entrenamientos referentes a HSE y así asegurara que sus colaboradores regresen mejor a casa todos los días y con un mayor aprendizaje en temas de seguridad y salud.	
Mutua MAZ y Telefónica	Apuesta al entrenamiento, aprendizaje, formación y sensibilización de los trabajadores referente a la seguridad y salud, por medio de la interacción de escenario de realidad virtual para la prevención de riesgos laborales, que se puedan presentar en sus actividades cotidianas de trabajo en la organización.	
V 360 group	Esta empresa desarrolla diferentes tipos de entrenamiento en realidad virtual para la formación de habilidades simuladas en un entorno inmersivo controlado y sin riesgos, en las cuales los trabajadores realizan diversas tareas normalmente en entornos peligrosos y por medio de este tipo de plataformas reciben una capacitación de la manera correcta de cómo actuar.	(Innoarea Projects, s.f.)
Femeval	La Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana utiliza la realidad virtual para la formación de sus empleados en temas de riesgos laborales y medidas preventivas, por medio de diferentes simulaciones el cual tiene las opciones de módulos de prevención específicos como: fresadora, prensa, torno, radial, soldadura, andamio o escalera.	
Depuración de Aguas del Mediterráneo	Esta empresa realiza formación a través de la realidad virtual enfocadas en las tareas de mantenimiento y reparación de las instalaciones para que los trabajadores puedan desempeñar sus funciones con seguridad y reducir los riesgos, mejor respuesta ante las emergencias y accidentes laborales.	
Skyline Robotics	Empresa de Israel que creó robot que cuenta con visión artificial y aprendizaje automático, capaz de realizar trabajos en alturas para, por ejemplo, limpiar las ventanas de rascacielos, ayudando a eliminar el peligro de trabajo en alturas, evitando la exposición de los trabajadores al riesgo de caída.	(Skyline Robotics, 2023)

Por último, se presenta una recopilación de manuales, guías, recomendaciones y buenas prácticas para que las empresas puedan implementar las medidas adecuadas y así mitigar o

controlar los riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo en las actividades de trabajo en alturas.

Tabla 17. *Manuales y guías de SST.*

Entidad	Guía	Fuente
OSHA	Prácticas recomendadas para programas de seguridad y salud	https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA4170.pdf
ASISPA	Manual de buenas prácticas: Medio ambiente, Seguridad y Salud en el trabajo	https://asispa.org/wp-content/uploads/2022/11/Manual-de-Buenas-Practicas-SST-y-MA-21122021.pdf
B/S/H	Catálogo de buenas prácticas en seguridad y salud laboral	https://www.diba.cat/documents/467843/112963151/Guia-Buenas-Practicas_PRL.pdf
UMIVALE	Código de buenas prácticas preventivas en el sector de trabajos en alturas	https://umivaleactiva.es/dam/web-corporativa/Documentos-prevenci-n-y-salud/Tareas-de-Especial-Riesgo/110898_6.Codigotrabajosaltura.pdf
Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo	Buenas prácticas en la ejecución de trabajos en altura en el sector de construcción	https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM015906.pdf
Fundación UOCRA	Guía práctica trabajos con riesgos de caída	https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/guia_riesgocaida.pdf
Gerencia del Área de Salud de Badajoz	Guía de buenas prácticas para la prevención de riesgos laborales	https://areasaludbadajoz.com/wp-content/uploads/2021/11/guia-de-buenas-practicas.pdf
Roberto Carlos Oño Murga	Manual de seguridad en trabajos de altura	https://energypedia.info/images/0/08/PEERR-Manual-Capacitacion-altura.pdf
Positiva Compañía de Seguros	Guía técnica de prevención y protección contra caídas en el sector construcción	https://posipedia.com.co/wp-content/uploads/2018/10/guia-tecnica-prevencion-proteccion-caidas-construccion.pdf
Instituto de formación práctica de riesgos laborales	Guía para la prevención de riesgos laborales en la ejecución de trabajos en altura con riesgo de caída desde altura	https://www.osalan.euskadi.eus/contenidos/libro/seguridad_200735/es_200735/adjuntos/Trabajos%20en%20altura.pdf

Por consiguiente, se validaron las buenas prácticas, dando recomendaciones a las mismas para la implementación efectiva de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la SST, como alternativa en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, ya que la esta aplicación genera un impacto al desarrollo laboral, social y económico, dado que hace un aporte a la

competitividad de las organizaciones a nivel nacional e internacional. Por último, y con la finalidad de incluir un componente innovador en la investigación, empresas como Skyline Robotics, Cemex México, Lezama Demoliciones entre otras han implementado exitosamente algunas innovaciones las cuales les han generado beneficios en la capacitación y control de riesgos para los trabajadores de estas organizaciones.

5. Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones de la identificación de innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo para el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas:

Se concluye que la aplicación de metodologías de búsqueda de tipo booleana, en las que se relacionaron fuentes bibliográficas para diversas consultas en plataformas (Sitios académicos, bases de datos) y sitios web, para posteriormente analizarlas, clasificarlas y se obtuvo un correcto procesamiento de la información y selección de documentación, por medio de la cual se dio cumplimiento a la investigación en la identificación de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo para el diseño e implementación de estrategias de mejoras en el control de riesgo en las actividades de trabajo en alturas.

Por medio de la revisión de literatura se puede concluir que, en los últimos 5 años, se han desarrollado innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo, las cuales son muy interesantes y se describen en el apéndice D, debido a que tienen un resultado muy favorable en las empresas que han sido implementadas y aportan distintos beneficios en la mejora y control de riesgos por medio de la adopción de nuevas tecnologías en las actividades de trabajo en alturas.

En el desarrollo de esta monografía se pudo determinar y evidenciar que, en las innovaciones tecnológicas identificadas por medio de la revisión de literatura, se encontraron los diferentes aspectos positivos y negativos que presentaron las organizaciones en la implementación de estas tecnologías, esta recopilación se realizó por medio del apéndice E. De modo que, se

compila los desafíos, limitaciones y dificultades, de igual manera los casos de éxito y los beneficios encontrados para el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas.

El desarrollo de la investigación tuvo la capacidad de identificar las recomendaciones y buenas prácticas para la implementación efectiva de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud trabajo, las cuales se compilo por medio del análisis de los distintos documentos y se recopiló la información para proponer una acción de mejora en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, para que las distintas organizaciones, empresas, líderes y demás partes interesadas, puedan adoptar este tipo de soluciones innovadores en pro de la seguridad y salud de los trabajadores.

Referencias

- Acosta Castillo, V., Vega Morejón, B., González Illescas, M., & Carmenate Fuentes, L. (2020). Tipos de Innovación como Estrategias de Adaptación al Dinamismo de los Mercados. *Innova Research Journal*, 5(3), 21. <https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v5.n3.2020.1288>
- Aksüt, G., Eren, T., & Alakaş, H. (2024). Using wearable technological devices to improve workplace health and safety: An assessment on a sector base with multi-criteria decision-making methods. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102423>
- Akyıldız, & Cengiz. (2023). Integration of digitalization into occupational health and safety and its applicability: a literature review. *Academic Search Ultimate*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18621/eurj.1352743>
- ARL SURA. (s.f.). *Tareas de alto riesgo en empresas Pymes*. <https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article/66-centro-de-documentacion-anterior/prevencion-de-riesgos-/484--sp-28338#:~:text=Las%20que%20se%20catalogan%20como,trabajos%20con%20sustancias%20qu%C3%ADmicas%20peligrosas>.
- Begüm, E., Bülent, O., & Melik, Z. (2022). The role of virtual and augmented reality in occupational health and safety training of employees in PV power systems and evaluation with a sustainability perspective. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134499>

- Berry, M.M., & Taggart, J.H. (1994). *Managing Technology and Innovation: a review*. R & D Management.
- Byungjoo, C., Sungjoo, H., & SangHyun, L. (2017). What drives construction workers' acceptance of wearable technologies in the workplace?: Indoor localization and wearable health devices for occupational safety and health. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.005>
- Campero, I., Quintanar, J., Márquez, S., Rodríguez, S., & Corchado, J. (2020). *Smart helmet 5.0 for industrial internet of things using artificial intelligence*. <https://doi.org/10.3390/s20216241>
- Cardona Cuartas, D., & Tabares Santafe, J. (2018). *Características de los Accidentes Laborales en Trabajadores de Empresas Afiliadas a una Administradora de Riesgos Laborales (ARL) en Colombia 2013 a 2016*. <https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/a7ab8079-5aa1-4ba0-8a34-1247d7a764be/content>
- Carter, R. (2020). *Wearables at Work*. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/wearables-at-work/docview/2388304994/se-2>
- César G. Lizarazoa, J. M. (s.f.). *Breve historia de la Salud Ocupacional en Colombia*. https://www.oiss.org/wp-content/uploads/2018/11/2-Breve_historia_sobre_la_salud_ocupacional_en_Colombia1.pdf
- Cherunova, I., Cherunov, P., & Radyuhina, G. (2024). Development of the Principle of Operation of Smart Clothing Managing Human Fatigue Under Conditions of Thermal Discomfort. <https://doi.org/10.1109/SmartIndustryCon61328.2024.10515648>
- Concari, S. B. (2014). Tecnologías emergentes ¿cuáles usamos? *ResearchGate*, 11.

Congreso de Colombia. (1915). *Ley 57 de 1915*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=12998>

Congreso de Colombia. (1979). *Ley 9 de 1979*.
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>

Congreso de Colombia. (2012). *Ley 1562 de 2012*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48365#:~:text=Tiene%20por%20objeto%20mejorar%20las,trabajadores%20en%20todas%20las%20ocupaciones.>

Congreso de la Republica. (2012). *Ley 1562 de 2012*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48365#:~:text=Tiene%20por%20objeto%20mejorar%20las,trabajadores%20en%20todas%20las%20ocupaciones.>

Congreso de la República de Colombia. (1993). *LEY 100 DE 1993*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5248>

Consejo Colombiano de Seguridad . (2023). *Consejo Colombiano de Seguridad*. Crecen los accidentes de trabajo en el primer semestre de 2023: se presentaron 274.381 casos, un promedio de 1524 eventos diarios: <https://ccs.org.co/portfolio/crecen-los-accidentes-de-trabajo-en-el-primer-semester-de-2023/>

Czernecka, W. (2024). The Impact of the Use of VR on the Effectiveness of Training in the Field of Occupational Health and Safety and Ergonomics - the Perspective of Polish Enterprises. *Tehnički glasnik*, 18(2), 304-309. <https://doi.org/https://doi.org/10.31803/tg-20240427175125>

- Delgado, J., & Bazán, P. (2021). Diseño de juegos serios: Análisis de metodologías. *Revista e-Ciencias de la Información*, 11(2), 84-110.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15517/eci.v11i2.45505>
- Dewar, R. &. (1986). The Adoption of Radical and Incremental Innovations: An Empirical Analysis. *Management Science*.
<https://doi.org/doi:http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.32.11.1422>
- Dewar, R., & Dutton, J. (s.f.). The Adoption of Radical and Incremental Innovations: An Empirical Analysis. *Management Science*.
<https://doi.org/doi:http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.32.11.1422>
- Díaz Cantos, O. (2015). Drones y su aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Duque De Voz, N., & Yáñez Contreras, M. (2015). Perspectivas diferenciadas del análisis de la accidentalidad laboral. *Gaceta Laboral*, 21(3), 313-331.
- Dussauge, P., & Ramantsoa, B. (1992). *Strategic Technology Management*. Wiley.
- Ecolift. (s.f.). *ECOLIFT*. <https://www.ecolift.co/equipos/manlift-plataformas-tijeras-elevacion>
- Equipo editorial, E. (3 de Agosto de 2020). *Robótica*. Concepto: <https://concepto.de/robotica/>
- Esplugas Vidal, J. (2017). *Sugerencias para la preparación y realización de un Simulacro de emergencia*.
https://www.diba.cat/documents/467843/102692054/Simulacro_+emergencia_Asepeyo.pdf/7eb2873a-cd50-470c-a3bb-cf2e7019ebea
- Ettlie, J. B. (1984). Organization Strategy and Structural Differences for Radical Versus Incremental Innovation. *Management Science*.
<https://doi.org/doi:https://doi.org/10.1287/mnsc.30.6.682>

- Ferran, C. (2023). Drones en obra para la coordinación en materia de seguridad y salud en el trabajo . <https://doi.org/http://hdl.handle.net/2117/395075>
- Flores L, G. E. (2017). Salud ocupacional con énfasis en la protección del trabajador/a en Paraguay. *Memorias Instituto Investigación Ciencias Salud*.
- Forés, B. &. (2016). ¿Does incremental and radical innovation performance depend on different types of knowledge accumulation capabilities and organizational size? *Journal of business research*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.07.006>
- Franco C, S., Preciado S., M., Franco R., S., & Gracia P., L. (2011). Incapacidades temporales por accidentes de trabajo y de trayecto en los años 2006-2008 en una institución de seguridad social (un hospital de tercer nivel) en el estado de Jalisco, México. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 3-9.
- Galicia, R. (2015). Innovación Tecnológica. *ECORFAN*, 14. https://doi.org/https://www.ecorfan.org/proceedings/CTI_I/3.pdf
- Gea Izquierdo, E. (2017). *DSpace*. Seguridad y salud en el trabajo: <http://pucespace.puce.edu.ec/handle/23000/5608>
- Gomero Cuadra, R., & Llap Yesán, C. (2005). *La Medicina Ocupacional en los últimos tiempos*. <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/RMH/article/view/807/773>
- González, R., & García, F. (2011). Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 7(1), 34. <https://doi.org/10.3926/ic.2011.v7n1.p82-115>
- Granados Ferreira, J. (2022). Análisis de inteligencia artificial en las relaciones laborales. *CES Derecho*, 13(1). <https://doi.org/10.21615/cesder.6395>

GTC 45. (2012). *Guía para la Identificación de los Peligros y la Valoración de los Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional*.

http://132.255.23.82/sipnvo/normatividad/GTC_45_DE_2012.pdf

Innoarea Projects. (s.f.). *Innoarea Projects*. Realidad Virtual para V360 Group:
<https://innoarea.com/proyectos/realidad-virtual-v360-group/>

International Standard. (Febrero de 2023). *ISO 23894*. Information technology — Artificial:
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/77304/cb803ee4e9624430a5db177459158b24/ISO-IEC-23894-2023.pdf>

International Standard. (Diciembre de 2023). *ISO/IEC 42001*. Information technology — Artificial: https://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec42001%7Bed1.0%7Den.pdf

Jaramillo, V., Castillo Aguirre, V., Pardo Torres, A., Arias Betancur, T., Gil Castillo, P., & Garcia Ramirez, M. (2019). *Accidente de trabajo y enfermedad profesional en Colombia. Las condiciones de seguridad y salud en el trabajo del sector metalúrgico en Colombia*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7110266>

Jordàn, S., Moore, J., Hovet, S., Perry, J., Kirsche, k., Lewis, D., & Tsz Ho Tse, S. (2018). Tecnologías de última generación para inspecciones con UAV. *Strategies for Phase and Optical*, 151-164. <https://doi.org/https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2017.0251>

Kang, S. &. (2019). An Investigation into the Performance of an Ambidextrously Balanced Innovator and Its Relatedness to Open Innovation. *ournal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/joitmc5020023>

Kang, S. &. (2019). An Investigation into the Performance of an Ambidextrously Balanced Innovator and Its Relatedness to Open Innovation. *Journal of Open Innovation:*

Technology, Market, and Complexity.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/joitmc5020023>

Kelley, & J. B. (2023). *Academic Search Ultimate*. <https://doi.org/https://research-ebsco-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/c/opcxyc/search/details/4x5ygwxy5?limiters=DT1%3A2019-07-19%2F2024-07-19&q=%28%22Worker+at+heights%22+OR+employees%29+AND+%28technology+OR+innovation+OR+%22artificial+intellig>

Kelley, & J. B. (2023). All along the new watchtower: artificial intelligence, workplace monitoring, automation, and the national labor relations act. *Academic Search Ultimate*, Vol. 107 Issue 1(174679101). <https://doi.org/https://research-ebsco-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/c/opcxyc/search/details/4x5ygwxy5?limiters=DT1%3A2019-07-19%2F2024-07-19&q=%28%22Worker+at+heights%22+OR+employees%29+AND+%28technology+OR+innovation+OR+%22artificial+intelligence%22+OR+%22au>

Kelley, & J. (2023). All along the new watchtower: artificial intelligence, workplace monitoring, automation, and the national labor relations. <https://doi.org/https://doi.org/https://research-ebsco-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/c/opcxyc/search/details/4x5ygwxy5?limiters=DT1%3A2019-07-19%2F2024-07-19&q=%28%22Worker+at+heights%22+OR+employees%29+AND+%28technology+OR+innovation+OR+%22artificial+intelli>

Kratos Safety. (2024). *Kratos Safety Solution For life*. <https://kratossafety.com/es/>

- Ladín, G., Laskurain-Iturbe, I., & Iturrate, M. (2023). Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety. *Heliyon*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13720>
- Lebel, M. E., Haverstock, J., Cristancho, S., Eimeren, L. V., & Buckingham, G. (2017). Aprendizaje observacional durante el entrenamiento basado en simulación en artroscopia: ¿es útil para los principiantes? *J Surg Educ*. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2017.06.005>
- Lizarazoa, C., Fajardoa, J., & Quintanaa, L. (2011). *Breve historia de la Salud Ocupacional en Colombia*.
https://www.oiss.org/wp-content/uploads/2018/11/2-Breve_historia_sobre_la_salud_ocupacional_en_Colombia1.pdf
- Ludus Global. (s.f.). *Ludus*. <https://www.ludusglobal.com/>
- Martinez , F. (22 de Marzo de 2022). *Jerarquía de controles de riesgos*.
<https://es.linkedin.com/pulse/jerarqu%C3%ADa-de-controles-riesgos-felipe-martinez-alvarado>
- Miller, W., & Morris , L. (1999). *Fourth Generation R&d: Managing Knowledge, Technology, and Innovation*. John Wiley & Sons, Inc.
- Ministerio de Ambiente. (s.f.). *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo*.
<https://www.minambiente.gov.co/planeacion-y-seguimiento/sistema-de-gestion-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo/#:~:text=El%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de,incluye%20la%20pol%C3%ADtica%2C%20la%20organizaci%C3%B3n%2C>
- Ministerio de Gobierno. (1994). *DECRETO 1295 DE 1994*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2629>

Ministerio de Minas y Energías. (2010). *Resolución 180540 de 2010*.
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?dt=S&i=39270>

Ministerio de Trabajo. (27 de Diciembre de 2021). *Resolución 4272*:
<https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/2022-03/Resolucion%204272-2021%20Reglamenta%20Trabajo%20en%20Alturas%20%281%29.pdf>

Ministerio de Protección Social. (2003). *Decreto 2090 de 2003*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9193>

Ministerio de Protección Social. (2009). *Circular No. 070*.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Circular%20070%20de%202009.pdf>

Ministerio de trabajo. (27 de Diciembre de 2021). *Resolución 4272*:
<https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/2022-03/Resolucion%204272-2021%20Reglamenta%20Trabajo%20en%20Alturas%20%281%29.pdf>

Ministerio del Trabajo. (1979). *Resolución 2400 de 1979*.
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53565>

Ministerio del Trabajo. (2012). *Resolución No. 1409 de 2012*.
https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/45107/resolucion_00001409_de_2012.pdf

Ministerio del Trabajo. (2015). *Decreto 1072 de 2015*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>

Ministerio del Trabajo. (2017). *Resolución No. 1178 de 2017.*

<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/647970/Resoluci%C3%B3n+No+1178.pdf>

Ministerio del Trabajo. (2019). *Resolución No. 0312 de 2019.*

<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>

Ministerio del Trabajo. (2021). *Resolución 4272.*

https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/resolucion_mtra_4272_2_2021.htm

Ministerio del Trabajo. (2021). *Resolución No. 4272 de 2021.*

<https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/2022-03/Resolucion%204272-2021%20Reglamenta%20Trabajo%20en%20Alturas%20%281%29.pdf>

MinTIC. (2009). *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).*

<https://mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/T/5755:Tecnologias-de-la-Informacion-y-las-Comunicaciones->

[TIC#:~:text=Las%20Tecnolog%C3%ADas%20de%20la%20Informaci%C3%B3n,%2C%20video%20e%20im%C3%A1genes%20\(Art](https://mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/T/5755:Tecnologias-de-la-Informacion-y-las-Comunicaciones-TIC#:~:text=Las%20Tecnolog%C3%ADas%20de%20la%20Informaci%C3%B3n,%2C%20video%20e%20im%C3%A1genes%20(Art)

MinTic. (2019). *Aspecto básicos de la industria 4.0.*

https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf

Norma cubana. (2012). *IEC 61511. Seguridad funcional - Sistemas instrumentados:*

<https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2012/NC%20IEC%2061511-1%20a2012%2092p%20ddm.pdf>

Norma Internacional. (Febrero de 2018). *ISO 31000*. Administración/Gestión de riesgos-
Lineamientos Guía:

<https://www.ramajudicial.gov.co/documents/5454330/14491339/Norma.ISO.31000.2018.Espanol.pdf/cb482b2c-afd9-4699-b409-0732a5261486>

Norma Internacional. (Marzo de 2018). *ISO 45001*. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso: <https://ergosourcing.com.co/wp-content/uploads/2018/05/iso-45001-norma-Internacional.pdf>

Norma Internacional. (2019). *ISO 22301*. GUÍA DE IMPLANTACIÓN DE LA CONTINUIDAD DE NEGOCIO: <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-22301-Guia-de-implantacion.pdf>

Norma Internacional. (Junio de 2021). *ISO 45003*. Occupational health and safety management — Psychological health:
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/64283/63a5b75629174170a893da725e6b8fbe/ISO-45003-2021.pdf>

Norman, D. &. (2014). Incremental and Radical Innovation: Design Research vs. Technology and Meaning Change. *Design Issues*. https://doi.org/doi:10.1162/DESI_a_00250

Norman, D. &. (2014). Incremental and Radical Innovation: Design Research vs. Technology and Meaning Change. *Design Issues*,. https://doi.org/doi:doi:10.1162/DESI_a_00250

OCDE. (2018). *Manual de Oslo*.

OIT. (2019). Seguridad y Salud en el Centro del Futuro del Trabajo.

OIT. (2023). *Organización Internacional del Trabajo*. <https://www.ilo.org/es/resource/news/casi-3-millones-de-personas-mueren-por-accidentes-y-enfermedades>

- Onirix. (13 de Noviembre de 2023). *Blog. Realidad Extendida: Explorando el Futuro de las Tecnologías Inmersivas*: <https://www.onirix.com/es/realidad-extendida/>
- Organización Internacional del Trabajo. (2023). *Casi 3 millones de personas mueren por accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo*. <https://www.ilo.org/es/resource/news/casi-3-millones-de-personas-mueren-por-accidentes-y-enfermedades>
- Orlikowski, W. (1991). Radical and incremental innovations in systems development: an empirical investigation of case tools. *Center for Information Systems Research*.
- Page del Pozo, Á. (2002). Centro en Red de Apoyo a la Innovación en la Prevención de Riesgos Laborales. Proyectos de I+D en el campo de la Prevención de Riesgos Laborales. *Revista de biomecánica*(35), 27-29.
- Petzel. (1995-2024). *PETZEL*. <https://www.petzl.com/ES/es/Profesional/Descensores/ZIGZAG-PLUS#:~:text=Prusik%20mec%C3%A1nico%20con%20eslab%C3%B3n%20giratorio%20de%20alto%20rendimiento%20para%20poda.>
- Podgórski, D., Majchrzycka, A., Gralewicz, M., & Okrasa, M. (2017). Hacia un marco conceptual de gestión de riesgos de SST en entornos de trabajo inteligente basado en EPI inteligentes, inteligencia ambiental y tecnologías de internet de las cosas. *Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1214431>
- Pribadi, A., Rizqi Rahman, Y., & Anggiana Br Silalahi, C. (2024). Analysis of the effectiveness and user experience of employing virtual reality to enhance the efficacy of occupational safety and health learning for electrical workers and graduate students. *Heliyon*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34918>

- Rey-Becerra, E., Barrero, L., & Ellegast, R. (2021). The effectiveness of virtual safety training in work at heights: A literature review. *Applied Ergonomics*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103419>
- Rothwell, R. (1994). Industrial Innovation: Success, Strategy, Trends . *Rothwell, R., The*.
- Salud, O. M. (2010). *Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacro de emergencias y desastres*. https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2018-10/0000001204cnt-2017_guia-para-el-desarrollo-de-simulacros.pdf
- Sen, T., & Ghandforoush, P. (2011). Radical and Incremental Innovation Preferences in Information Technology: An Empirical Study in an Emerging Economy. *Journal of Management Technology & Innovation*. <https://doi.org/doi:https://doi.org/10.4067/S0718-27242011000400003>
- Shih, T.-Y. (2018). Determinants of enterprises radical innovation and performance: Insights into strategic orientation of cultural and creative enterprises. *Sustainability*.
<https://doi.org/doi:10.3390/su10061871>
- Skyline Robotics. (2023). *Skyline Robotics*. Conoce a Ozmo:
<https://www.skylinerobotics.com/meet-ozmo>
- Solórzano, M., Porras, E., Jiménez, J., & Méndez, M. (2021). Drones y tecnología como elementos claves en la gestión de procesos constructivos: una revisión de literatura. *Technology inside*. <https://doi.org/https://cpic-sistemas.or.cr/revista/index.php/technology-inside/article/view/64>
- Sreenithy, C., Sneha, C., & Edna, E. (2016). Konnect: una solución inteligente basada en Internet de las cosas (IoT) Casco para detección y notificaci`n de accidentes.
<https://doi.org/10.1109/INDICON.2016.7839052>

Stacey, N., Ellwood, P., Bradbrook, S., Reynolds, J., Ravetz, J., Williams, H., & Lye, D. (2018).

Estudio prospectivo sobre los riesgos nuevos y emergentes para la seguridad y salud en el trabajo asociados a la. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el. https://osha.europa.eu/sites/default/files/ES_Foresight_emerging_risks.pdf

Standards, S. (14 de Junio de 2020). *IEC 61508*. Seguridad funcional de sistemas E/E/PE: <https://www.leedeo.es/l/iec-61508/>

Van Der Haar, R., & Goelzer, B. (2001). *La Higiene Ocupacional en América Latina* . <https://ahra.org.ar/wp-content/uploads/2018/02/Higiene-en-America-Latina1.pdf>

Weiwei Wu, Li Yu. (2022). *How does personal innovativeness in the domain of information technology promote knowledge workers' innovative work behavior?* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378720622000970>

Winiarski, S., Winiarska, M., Chomątowska, B., Sipko, T., & Dyvak, M. (2021). Added Value of Motion Capture Tecnhnology for Occupational Health and Safety Innovations. *Human Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.14254/1795-6889.2021.17-3.4>

Yrigoyen, J. (2013). Explorando Distintos Tipos de Innovación en Micro y Pequeñas Empresas Peruana. *Journal of Technology*, 8, 12.

Zhou, S., & Gheisari, M. (2018). Unmanned aerial system applications in construction: a systematic review. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1108/CI-02-2018-0010>