



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**DISPOSITIVOS INTELIGENTES EN SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA
PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y ENFERMEDADES OCUPACIONALES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: ELOISA ANNABELLA CAMPOVERDE REYES

TUTOR: JOE FRAND LLERENA IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2022

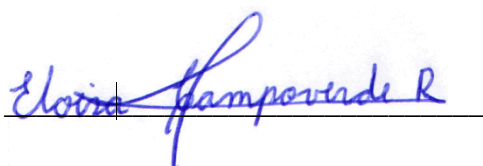
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Eloisa Annabella Campoverde Reyes con documento de identificación N° 0955909411 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 20 de agosto del año 2022

Atentamente,



Eloisa Annabella Campoverde Reyes

0955909411

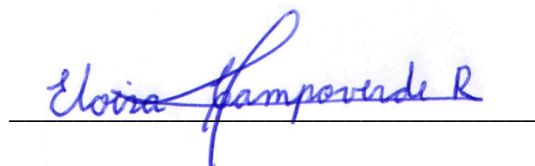
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Eloisa Annabella Campoverde Reyes con documento de identificación No. 0955909411, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Artículo Académico: “Dispositivos inteligentes en seguridad industrial para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de agosto del año 2022

Atentamente,



Eloisa Annabella Campoverde Reyes

0955909411

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISPOSITIVOS INTELIGENTES EN SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y ENFERMEDADES OCUPACIONALES**, realizado por Eloisa Annabella Campoverde Reyes con documento de identificación N° 0955909411, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de agosto del año 2022

Atentamente,



Joe Frand Llerena Izquierdo
0914884879

DEDICATORIA

Mi artículo académico lo dedico con todo mi amor y cariño. A Dios que me dio la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa. A mis padres María Reyes y Carlos Campoverde que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo mamá y papá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón, por ser la más pequeña de sus hijas aquí esta lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio. A mis hermanas Yuri, Catherine y hermano Carlos gracias por estar conmigo dándome ánimos y apoyarme siempre, los quiero mucho. Y a mis cuñados por apoyarme, los quiero. A mis sobrinos Daysón, Derek, Iker, Gael y sobrina Arlette, porque me llenan de alegría cada día de mi vida los amo mucho. A dos personas queridas que significan todo para mí, aunque ya no están en este mundo, sus recuerdos continúan en mi corazón. A mi abuelo materno Victor Reyes y mi abuela materna Francisca Santana cuyo amor por mí no conocía límites y quienes me enseñaron el valor del trabajo duro. Gracias nunca los olvidaré. Finalmente quería agradecer a todos por lo que soy gracias a ustedes, y sé que este no es el mejor reconocimiento, porque merecen todo, pero hoy es el día más importante de mi vida y quería dar el protagonismo que se merecen los quiero mucho familia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las personas que han contribuido al proceso y conclusión de este trabajo. En primer lugar quiero agradecer a mi tutor Joe Frand Llerena Izquierdo quien con sus conocimientos y apoyo me guió a escoger el tema del artículo académico. Así mismo, agradezco a mis padres porque han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en todo momento y por sus sabios consejos y su comprensión. Por siempre haber estado ahí para mí en los momentos buenos y malos, sin sus apoyos este trabajo nunca se habría escrito. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amados padres, como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante. Abuelitos sé que desde el cielo me estás viendo y por eso te dedico este trabajo tan exitoso. También me gustaría agradecer a mis amigos y compañeros de clases por esta maravillosa aventura y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo personal y humano, con quien he compartido proyectos e ilusiones durante estos años de estudios. A todos, muchas gracias.

RESUMEN

La seguridad industrial es un reto permanente en empresas o construcciones, las soluciones pueden ser normativas o tecnológicas, en este sentido las tecnologías brindan mejor seguridad y prevención a las personas. Esta investigación puede suplir la necesidad de seleccionar soluciones tecnológicas que disminuyen las situaciones de alto riesgo en los trabajadores. El objetivo general es determinar el conjunto de tecnologías en dispositivos inteligentes para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales mediante una revisión de literatura. En esta investigación se especifica un conjunto de tecnologías y los dispositivos que se utilizan en el ámbito industrial para brindar seguridad a los trabajadores. Se concluye que las tecnologías capturan y procesan datos que aumentan la seguridad y disminuyen los accidentes, permiten monitorear el estado personal en línea para tomar decisiones.

Palabras claves: Seguridad industrial, Internet de las cosas, Seguridad en el trabajo, Detección de eventos, Tecnología para la salud.

ABSTRACT

Industrial safety is a permanent challenge in companies or constructions, the solutions can be normative or technological, in this sense technologies provide better safety and prevention to people. This research can meet the need to select technological solutions that reduce high-risk situations in workers. The general objective is to determine the set of technologies in smart devices for the prevention of occupational accidents and diseases through a literature review. This research specifies a set of technologies and devices that are used in the industrial field to provide safety to workers. It is concluded that technologies capture and process data that increase safety and decrease accidents, allow monitoring personal status online to make decisions.

Key words: Industrial safety, Internet of Things, Safety in Workplaces, Event detection, Technology for health.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	13
3. METODOLOGÍA	15
4. RESULTADOS.....	17
4.1. Especificar el conjunto de tecnologías en el ámbito industrial para reducir el índice de accidentabilidad mediante un mapeo sistemático.	17
4.2. Caracterizar los conjuntos de tecnologías que permitan crear prácticas laborales seguras para su categorización basado en el beneficio que brinda el dispositivo inteligente. .	19
4.3. Establecer un conjunto de tecnologías inteligentes que infieren en una orientación a la filosofía de mejoramiento continuo para prevenir enfermedades ocupacionales a corto y largo plazo mediante una tabla comparativas de resultados.....	21
5. DISCUSIÓN	23
6. CONCLUSIÓN.....	24
REFERENCIAS	25

1. INTRODUCCIÓN

La Seguridad Industrial se alcanza si se aplican medidas y procedimientos apropiados que generen información válida en la ejecución de un proyecto, se utilizan lineamientos y actividades para disminuir y prevenir riesgos relacionados a una industria (Orellana Ochoa & Balladares Oviedo, 2018), sean riesgos temporales o permanentes; se utilizan varios protocolos de seguridad y tecnología que mejoren la calidad de vida de los trabajadores en la industria (Alvarado-Torres et al., 2021)(Campero-Jurado et al., 2020)(de la Nube Toral Sarmiento et al., 2018).

Las industrias como construcción, minería, operaciones o eléctrica invierten en herramientas tecnológicas de seguridad física para el personal mediante la adopción de tecnologías inteligentes (Bejarano Quijano, 2015)(Benites Veliz & Sánchez Murillo, 2018)(Ayala Carabaja et al., 2016), porque es necesario disminuir la cantidad de accidentes en el área de trabajo; la tecnología asiste en monitorear y proteger la integridad física de las personas, el equipo con la tecnología deben adaptarse al trabajador en peso y volumen (Márquez-Sánchez, Campero-Jurado, Herrera-Santos, et al., 2021)(Romo Villafuerte & Valarezo Constante, 2012).

De acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo se estima que 2 millones 300 mil personas fallecen en accidentes o enfermedades respecto al trabajo a nivel mundial, además existen 340 millones de personas en accidentes laborales y 160 millones de personas con enfermedades de trabajo, y los países desarrollados tienen las tasas más bajas de mortalidad (International-Labour-Migration, 2022)(Ayala et al., 2016).

IoT se está extendiendo a varios sectores y tiene utilización en operaciones industriales, los dispositivos están conectados a hogares, vestimenta o industria para capturar datos del entorno y enviarlos a un sistema externo, estos datos son analizados y proporcionan retroalimentación (Xenofontos et al., 2021)(Pazmiño Sánchez, 2021); la interacción de los dispositivos inteligentes con una plataforma digital es un *Valor Agregado* que apoya la gestión de la seguridad física en las empresas o lugar de trabajo en forma dinámica, y se puede adoptar radiofrecuencia, bluetooth, sensores, actuadores u otros (Gnoni et al., 2020)(Barberán Vizueta & Chela Criollo, 2021).

Para seguimiento de Seguridad Industrial se utiliza dispositivos inteligentes o dispositivos IoT adaptados o fabricados a la vestimenta que monitorea, identifica riesgos, detecta temperaturas, minimizar la fatiga (Rahman et al., 2020)(Dwivedi et al., 2019); otra vestimenta se encarga del seguimiento productivo como comportamiento, control de movimientos, ver onda cerebral; otros se encargan del seguimiento de trastornos musculares o mentales (V. Patel et al., 2022)(Ramane et al., 2021). Las tecnologías se aplican en Seguridad Industrial para prevenir incendios, daños a la integridad personal del trabajador, monitorear el ambiente en que se encuentran los trabajadores, generar alertas tempranas por cambios del entorno (Llerena-Izquierdo et al., 2020).

Los accesorios o equipos de seguridad actualizados con dispositivos inteligentes mejoran las circunstancias ambientales del trabajador porque realizan actividades cansadas, peligrosas o extenuantes; las áreas como instalaciones industriales o minas tienen condiciones que pueden afectar en forma negativa la salud, un ejemplo común son las lesiones traumáticas, y este tipo de problema tiene mucha importancia por su proximidad a lesiones mortales (Márquez-Sánchez, Campero-Jurado, Robles-Camarillo, et al., 2021)(Porselvi et al., 2021).

IoT y las redes de sensores inalámbricos agilizan el monitoreo de cualquier entorno que necesita despliegue como seguimiento en la integridad del trabajador (Tuptuk et al., 2021), sea con tecnología de corto o largo alcance, y el entorno laboral contribuye a las lesiones o enfermedades por los riesgos latentes; se aplican normas en Seguridad Industrial que mejoran la protección de las personas y la tecnología se aplica de acuerdo al entorno laboral para salvaguardar al personal (Ngubo et al., 2018).

De acuerdo a (Fang et al., 2022) existen varios escenarios para aplicar tecnología en Seguridad Industrial como: gestión de riesgos costosos, localización física del personal, gestión de datos, inspección inteligente, seguimiento en la integridad del equipo, mantenimiento preventivo de equipos, y otros (Devibala, 2019).

Como justificación de esta investigación, se considera necesario mejorar la Seguridad y Salud en el Trabajo, mejorar el rendimiento del trabajador, disminuir la posibilidad de ausencias, enfermedades, lesiones o muerte, es necesario conocer sistemas inteligentes o tecnologías que permitan detectar riesgos, este conocimiento puede suplir la necesidad de seleccionar soluciones tecnológicas e innovadoras para disminuir las situaciones de alto riesgo en los trabajadores (Campero-Jurado et al., 2020)(Dlamini & Johnston, 2016)(Boyes et al., 2018b).

La divulgación de alternativas en tecnología aplicada a la Seguridad Industrial puede hacer viable la anticipación de riesgos, mejorar la asistencia en circunstancias anómalas y decidir que alternativa escoger para luego aplicarla a nuestro entorno, además se promueve la modernización de la industria por el uso de la tecnología. Esta investigación se sustenta en el Art. 326, numeral 5 de la Constitución de la República del Ecuador sobre el derecho al trabajo para toda persona debe desarrollarse en un ambiente adecuado y propicio, garantizando su bienestar, higiene, integridad, salud y seguridad (Asamblea, 2022).

Nuestro objetivo general es determinar el conjunto de tecnologías en dispositivos inteligentes para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales mediante una revisión de literatura.

Los objetivos específicos:

- Especificar el conjunto de tecnologías en el ámbito industrial para reducir el índice de accidentabilidad mediante un mapeo sistemático.
- Caracterizar los conjuntos de tecnologías que permitan crear prácticas laborales seguras para su categorización basado en el beneficio que brinda el dispositivo inteligente.
- Establecer un conjunto de tecnologías inteligentes que infieren en una orientación a la filosofía de mejoramiento continuo para prevenir enfermedades ocupacionales a corto y largo plazo mediante una tabla comparativas de resultados.

La sección revisión de la literatura explica algunos proyectos científicos en la utilización de dispositivos inteligentes para la seguridad industrial, la metodología describe los pasos realizados para el desarrollo de los resultados, la fase resultados contiene las respuestas a los objetivos establecidos en esta investigación, la discusión trata algunos hallazgos en el trabajo realizado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En (Gnoni et al., 2020) se utiliza etiquetas inteligentes IoT para uso de motores y protección para los operadores que pueden monitorear el equipo de manera remota (Llerena Izquierdo, 2014). En (Márquez-Sánchez, Campero-Jurado, Herrera-Santos, et al., 2021) se diseña e implementa protección para el trabajador con casco, guantes y cinturón adaptados con sensores. En (Campoverde et al., 2018) se propone un plan de seguridad para una industria mediante reglamentos internos y protocolos para prevenir accidentes o incendios. En (Campero-Jurado et al., 2020) se desarrolla una nueva versión de un casco inteligente IoT que capta datos de ambiente como humedad, gas, temperatura, calidad del aire, iluminación y movimiento, los datos son analizados mediante inteligencia artificial, y los datos se presentan en aplicación formato web. En (Jo et al., 2018) se integra dispositivos IoT para monitorear el ambiente donde están los trabajadores de una mina, datos como humedad, temperatura, calor, dióxido de carbono y metano son enviados a internet y se visualizan en una aplicación web. La Universidad de Ambato (Galeas, 2021) realizó un prototipo de casco inteligente que detecta nivel de temperatura, iluminación, gases y humedad para prevenir enfermedades o parar las actividades del trabajador. Para la seguridad física del trabajador se implementa un guante que detecta el pulso y temperatura del trabajador, aumento del ruido e impacto de golpes, este guante utiliza sensores para la captura de los datos, y utiliza actuadores como parlantes para avisar sobre los extra límites del ambiente (Márquez-Sánchez, Campero-Jurado, Robles-Camarillo, et al., 2021). En (V. Patel et al., 2022) se revisa las tendencias y distintas herramientas que utilizan dispositivos IoT para protección de la salud del trabajador como cascos, guantes, gafas, zapatos. En (Fang et al., 2022) desarrollaron una aplicación informática tipo móvil para reconocer posibles riesgos o peligros del trabajador como posición, comportamiento, fuego, humo, esta aplicación está conectada a las cámaras de vigilancia y genera avisos en caso de existencia del riesgo. En (Yan, 2021) desarrollan un casco inteligente que detecta la humedad y temperatura del ambiente y localización del trabajador, se plantea una arquitectura de cuatro capas y el casco utiliza sensores y dispositivo localización. En (H. Wu et al., 2020) se desarrolla una aplicación en realidad virtual para capacitación de los trabajadores en el sector construcción de edificios, en la investigación revisaron comportamientos inseguros, una encuesta e inspecciones a lugares de accidentes; la tecnología mejoró el aprendizaje, elección de equipos de seguridad personal, inspección y

comportamiento del trabajador para prevenir lesiones en el lugar de trabajo (Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2017).

En (F. Wu et al., 2022) se crea vestimenta con sensores para captar la temperatura del ambiente, humedad del ambiente, rayos del ambiente, dióxido de carbono, temperatura del cuerpo y ritmo cardiaco, la vestimenta tiene sensores IoT y los datos se envía a la nube para monitoreo y análisis del trabajador. El prototipo de (Porselvi et al., 2021) detecta datos de humo del ambiente, ritmo cardiaco y respiración para seguimiento del trabajador en las actividades mineras, el sistema avisa con alarmas en caso que los datos pasen a situación anormal. En (Park et al., 2019) se incorpora IoT para capturar datos del giroscopio y acelerómetro, esto realiza el seguimiento de seguridad en caso de posibles caídas de los trabajadores.

3. METODOLOGÍA

Se desarrolla un trabajo de investigación empírico analítico, de corte cuantitativo cuasi experimental.

Para la recolección de artículos científicos se utiliza el mapeo sistemático de (Chaabene et al., 2021) en conjunto con un meta-análisis (PRISMA), se realizan los siguientes pasos: a) Búsqueda de la literatura, b) criterios de selección, c) codificación de artículos y extracción de datos, c) calidad de artículos, d) análisis de resultados e interpretación.

a) Búsqueda de la literatura: Se realiza una búsqueda sistemática en las bibliotecas electrónicas IEEExplore, ACM y Google Scholar desde enero 2018 hasta julio 2022, se consideran artículos revisados por pares escritos en inglés, las palabras claves son de acuerdo con el tema de investigación. Se utiliza la siguiente frase de búsqueda booleana: (“industrial safety” OR “safety in workplaces” OR “Event detection” OR “Technology for health” OR “safety AND health” OR “Technology OR safety AND health”). Los artículos se revisan en los títulos, luego se revisan los resúmenes y los documentos seleccionados se revisan el contenido completo. La Fig. 1 se muestra una descripción general de la búsqueda.

b) Criterios de selección: Los criterios de inclusión/exclusión se presentan: Criterios de inclusión: artículos relacionados a tecnologías en seguridad industrial, artículos cualitativos, artículos cuantitativos, idioma inglés. Criterios de exclusión: Alejados de seguridad industrial, artículos que no tiene diseño de investigación, artículos duplicados, artículos resumen.

c) Extracción de datos: Se extraen los datos de los artículos seleccionados en una plantilla de Microsoft Excel, las características para cada artículo son: año de publicación, título del artículo, área, país, dispositivos (RFID, bluetooth, sensores, reconocimiento, posicionamiento), propiedades (identificar, visualizar, pronosticar, alerta temprana), prevenir (incendio, daño al trabajador, daño a maquinaria), tecnologías (cloud, internet de las cosas, realidad virtual, framework, blockchain, inteligencia artificial), alcance (modelo, prototipo, plataforma digital, reglamento, implementado), objetos utilizados (casco, guantes, cinturón, gafas, zapatos, vehículo, ambiente)

c) Calidad de artículos: La calidad se califica si cumple con al menos 4 de las 13 características es válido para la clasificación.

d) Análisis de resultados e interpretación: Este paso se desarrolla en la fase RESULTADOS de este documento de investigación, utilizando gráficos sobre las características, tecnologías, propuestas y objetos utilizados, estos se proyectan desde la hoja Excel y se realiza la interpretación. Los objetivos específicos se responden en la fase resultados.

Se propone que, al seguir con la búsqueda de conjuntos de tecnologías en el ámbito industrial para reducir el índice de accidentabilidad, brindara la ayuda de cómo saber elegir la tecnología en cada área de trabajo para prevenir las enfermedades ocupacionales o accidentes de trabajo.

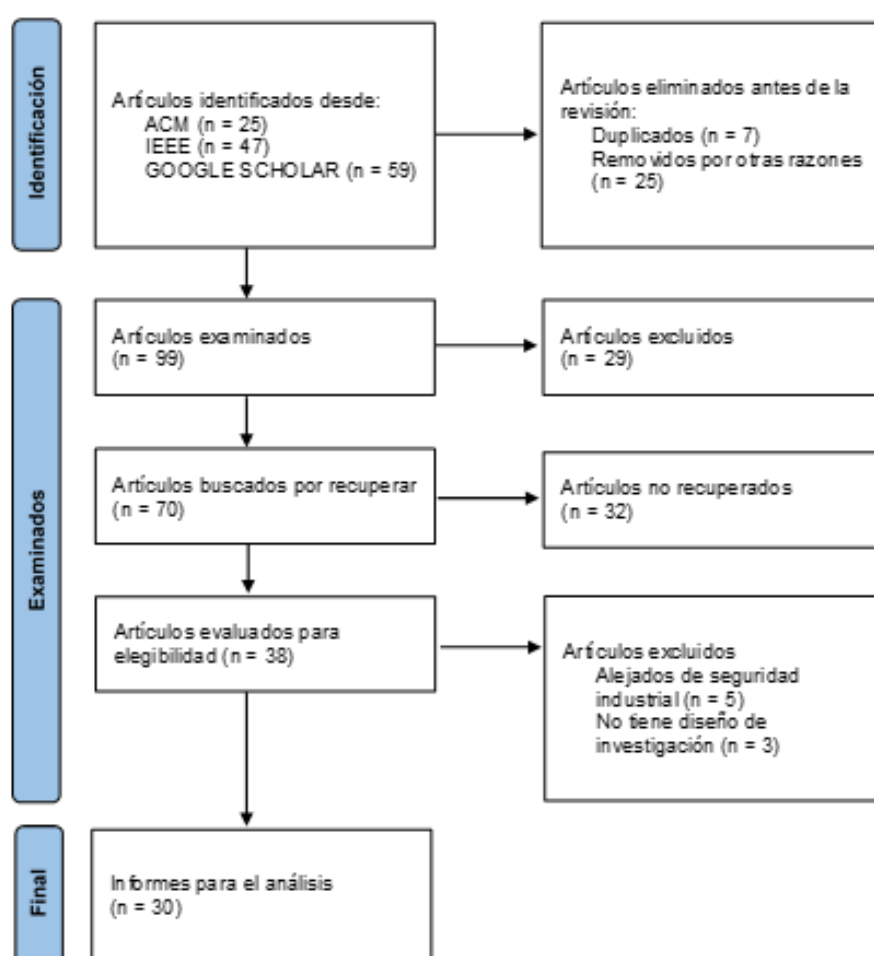


Figura 1. Búsqueda de artículos científicos.

4. RESULTADOS

Del mapeo sistemático se obtiene 30 artículos relacionados a Seguridad Industrial y tecnologías, la tabulación se realiza en una hoja de Microsoft Excel, y se muestra en las tres siguientes respuestas a los objetivos específicos.

4.1. Especificar el conjunto de tecnologías en el ámbito industrial para reducir el índice de accidentabilidad mediante un mapeo sistemático.

Entre las 30 referencias se identificaron tecnologías que utilizan para la seguridad física de las personas o industria, algunas referencias aplican una sola tecnología y otras referencias aplican tecnologías combinadas. La tecnología más utilizada para reducir los accidentes es Internet de las Cosas (IoT) en 39%, le sigue Cloud en 31%, luego Inteligencia Artificial en 18%, luego se proponen framework en 8%, luego Realidad Virtual en 2% y Blockchain en 2%. Ver figura 2. Se anota que IoT y Cloud se utilizan en combinación en 16 referencias, es decir en 53% del total.

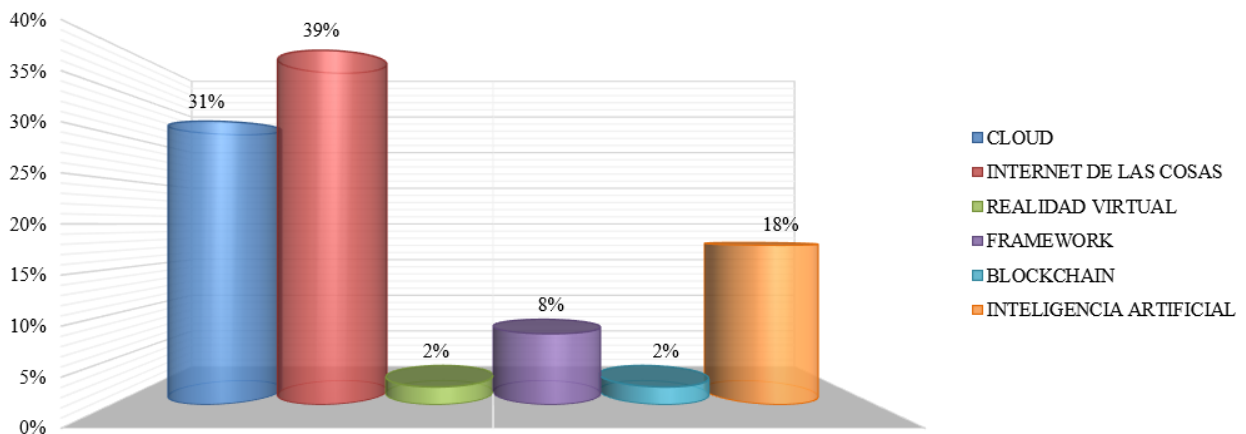


Figura 2. Tecnologías en Seguridad Industrial

Entre las 30 referencias se identificaron Dispositivos que utilizan dichas tecnologías, los dispositivos más utilizados son Sensores en 60%, luego dispositivos de posicionamiento como GPS en 18%, luego utilizan Bluetooth en 10%, luego utilizan radio frecuencia (RFID) en 7%, luego utilizan dispositivos para reconocimiento en 5%. Ver figura 3. Se anota que Bluetooth y Sensores se utiliza en combinación en 4 referencias, es decir en 13% del total.

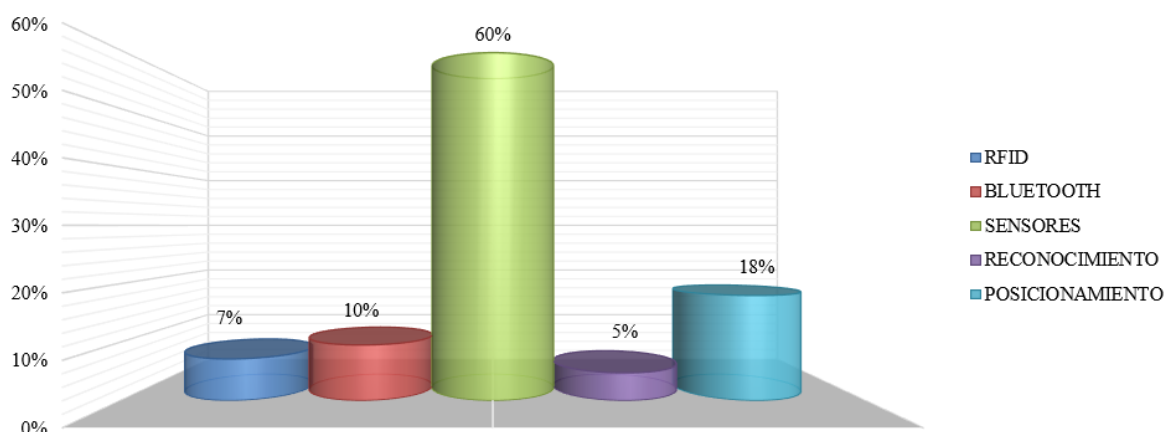


Figura 3. Características de las tecnologías aplicadas

Entre las 30 referencias se identifica el Alcance que propone cada documento, las referencias presentan Modelos tecnológicos en 31%, luego prototipos tecnológicos en 27%, luego presentan Plataformas Digitales como aplicaciones web o móvil en 27%, solo 13% de las referencias implementaron los modelos en el mundo real, y solo 2% propone un reglamento. Ver figura 4. Se anota que la combinación Modelo-Prototipo-Plataforma se utiliza en 13 referencias, es decir 43% del total de referencias diseñan y desarrollan un prototipo.

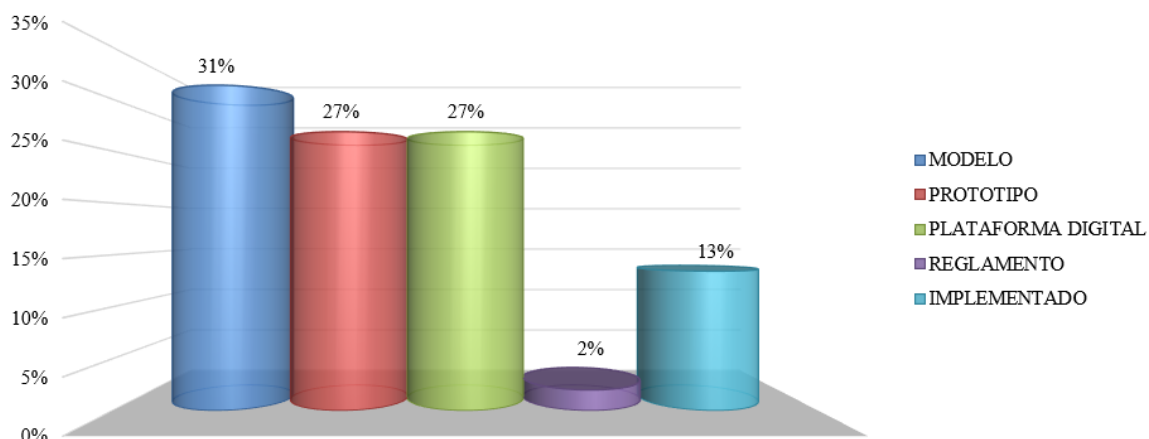


Figura 4. Alcance de las propuestas.

El conjunto de tecnologías identificadas se propone en diferentes áreas industriales como: Industria general en 50%, luego Construcción en 21%, luego Minería en 13%, luego Transporte en 7%, Agricultura en 3%, Manufactura en 3%, y en Plantas nucleares en 3%. Ver figura 5.

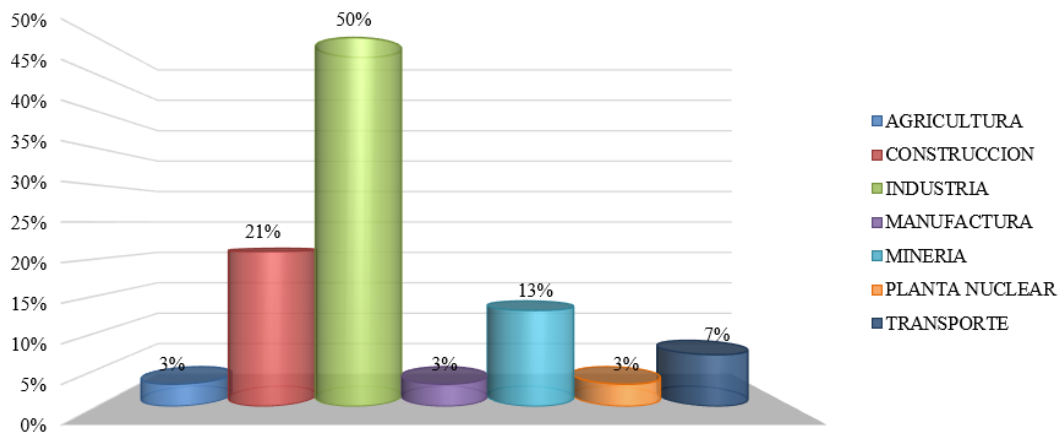


Figura 5. Áreas que aplicaron tecnología.

4.2. Caracterizar los conjuntos de tecnologías que permitan crear prácticas laborales seguras para su categorización basado en el beneficio que brinda el dispositivo inteligente.

Se caracterizan las tecnologías en tres enfoques: propiedades, prevención y objetos.

Entre las 30 referencias se identifica las propiedades de los datos que capturan las tecnologías propuestas, identificación de datos por captura o lectura en 37%, luego Alerta temprana por el procesamiento de datos en 35%, luego Visualización de datos en alguna aplicación web o móvil en 21%, y Pronostico de posibles eventos por datos que estén fuera de límites en 8%. Ver figura 6. Se anota que la combinación de las 4 propiedades se utiliza en sólo 3 referencias, es decir 10% del total de referencias capturan-procesan y alertan de posibles eventos.

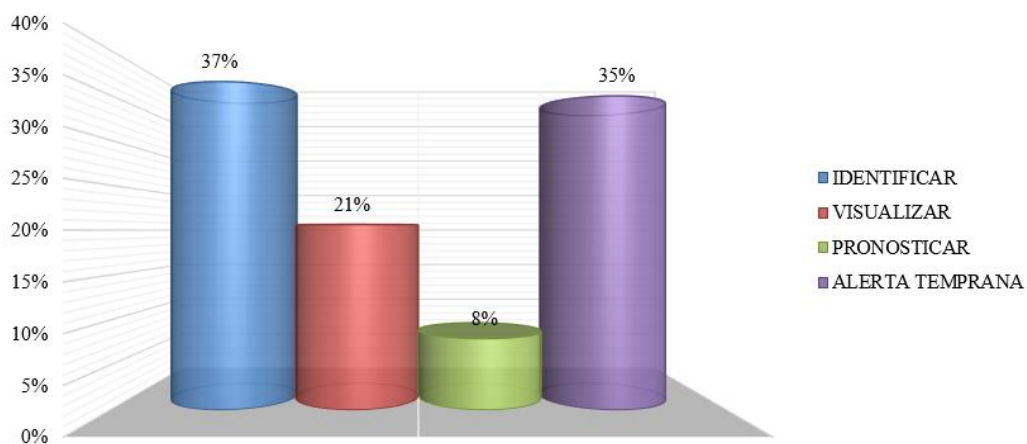


Figura 6. Propiedades de las tecnologías aplicadas.

Para la prevención, las tecnologías buscan reducir accidentes en: el 66% busca minimizar daños al trabajador, el 20% busca minimizar daños a la maquinaria, y el 14% evita los incendios. Ver figura 7. Se anota que solo una referencia previene estas 3 clases de daños.

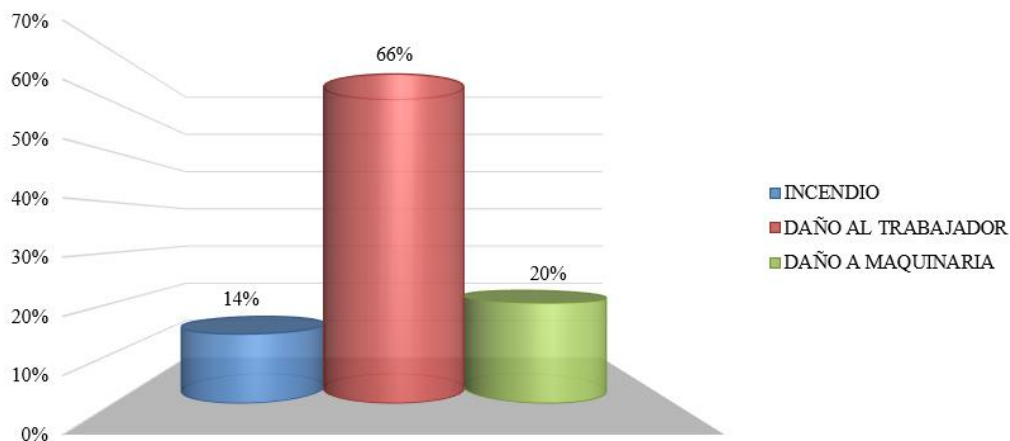


Figura 7. Prevención de las tecnologías.

Entre las 30 referencias se identifican los objetos o medios utilizados para capturar datos, el ambiente de trabajo genera datos en 45% de las referencias, luego los Cascos son utilizados para capturar datos en 24%, luego los Cinturones en 12%, luego los Guantes en 10%, luego los Zapatos en 5%, luego Vehículos en 2% y Gafas en 2%. Ver figura 8. Se anota que el ambiente de trabajo genera la mayor cantidad de datos como temperatura, humedad, iluminación, carbono, gas, calidad del aire, movimiento y metano; los objetos capturan datos propios del trabajador como temperatura del cuerpo, ritmo cardiaco, posicionamiento, aumento del ruido, impacto de golpes y respiración.

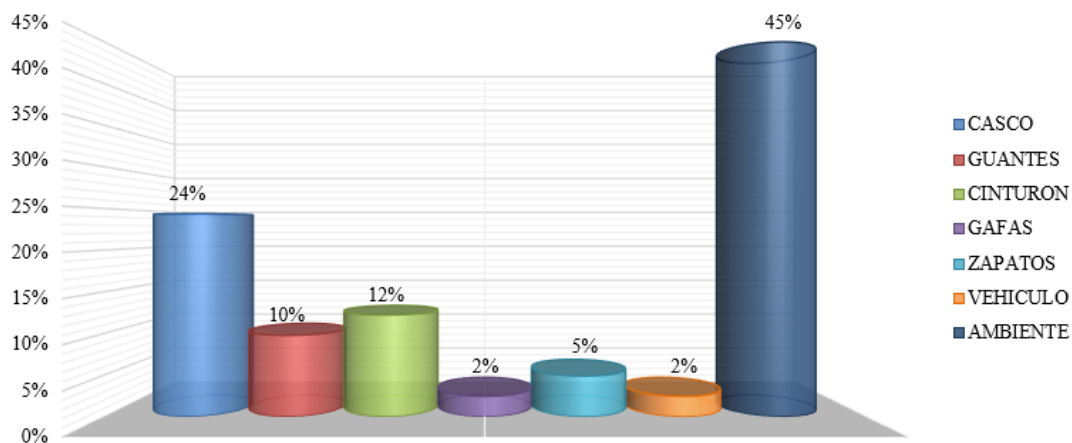


Figura 8. Dispositivos utilizados por las tecnologías.

4.3. Establecer un conjunto de tecnologías inteligentes que infieren en una orientación a la filosofía de mejoramiento continuo para prevenir enfermedades ocupacionales a corto y largo plazo mediante una tabla comparativas de resultados.

Para prevenir accidentes o enfermedades ocupacionales no es suficiente aplicar las normas, es necesario aprovechar y utilizar las tecnologías que están disponibles para proteger al trabajador y la empresa.

Tabla 1. Tecnologías que infieren en prevención de enfermedades.

ÍTEM	ARTÍCULO	ÁREA	INTERNET DE LAS COSAS	CLOUD	INTELIGENCIA ARTIFICIAL	FRAMEWORK	REALIDAD VIRTUAL	BLOCKCHAIN	PUNTOS	INFIERE
1	(Marucci et al., 1921)	AGRICULTURA	X	X					2	X
2	(Mehata et al., 2019)	CONSTRUCCION	X	X					2	X
3	(Park et al., 2019)		X	X	X				3	X
4	(Gnoni et al., 2020)	INDUSTRIA	X	X					2	X
5	(Márquez-sánchez, Herrera-santos, et al., 2021)		X	X					2	X
6	(V. Patel et al., 2022)		X	X					2	X
7	(Galeas, 2021)		X	X					2	X
8	(Márquez-sánchez, Corchado-rodríguez, 2021)		X	X	X				3	X
9	(Yan, 2021)		X	X					2	X
10	(F. Wu et al., 2022)		X	X					2	X
11	(Campero-Jurado et al., 2020)	MANUFACTURA	X	X	X				3	X
12	(Jo et al., 2018)	MINERIA	X	X	X				3	X
13	(Ngubo et al., 2018)		X	X					2	X
14	(Porselvi et al., 2021)		X	X					2	X
15	(Martin Sguazzin, 2020)	TRANSPORTE	X	X					2	X
16	(D. H. Patel et al., 2019)		X	X					2	X
17	(Prabha, 2021)	CONSTRUCCION	X						1	
18	(Zhihong, 2020)		X						1	
19	(Márquez-Sánchez, 2020)	INDUSTRIA	X						1	
20	(Sánchez & Rodriguez, 2020)		X		X				2	X
21	(Surakov & Prakhov, 2020)				X				1	
22	(District, 2020)				X				1	
23	(Fang et al., 2022)				X				1	
24	(Yuan et al., 2020)				X	X			2	X
25	(Y. Wang et al., 2020)	PLANTA N				X			1	
26	(H. Wang, 2022)	INDUSTRIA				X			1	
27	(Boyes et al., 2018a)					X			1	
28	(H. Wu et al., 2020)	CONSTRUCCION					X		1	
29	(Khan et al., 2020)							X	1	
30	(Campoverde et al., 2018)	MINERIA							0	
			39%	31%	18%	8%	2%	2%		

Fuente: Elaboración propia.

Las tecnologías probadas y documentadas científicamente se exponen a continuación en la tabla 1 que presenta las referencias obtenidas en el mapeo sistemático, ordenado por las tecnologías más aplicadas IoT-Cloud y por área de industria y, se presentan las columnas del ítem, artículo y área, las siguientes columnas se identifica si utiliza la tecnología y se obtiene la columna de puntos, la última columna significa que el trabajo descrito en la referencia sí

infiere en una orientación a la filosofía de mejoramiento continuo para prevenir enfermedades ocupacionales.

En conjunto estas dos tecnologías IoT y Cloud suman 70%, pero si solo se considera las combinaciones juntas es 53%, es decir 16 de las 30 referencias que infieren en esta orientación de aplicar tecnología en Seguridad Industrial, también infiere 1 referencia en Inteligencia Artificial y 1 referencia en Framework. Serian 18 referencias que infieren en esta orientación, es decir 60%. Se anota que la referencia (Campoverde et al., 2018) que trata en área minería solo aplica una norma y no aplica ninguna tecnología, por esta razón tiene cero en su puntaje.

Las tecnologías IoT y Cloud aplican en 6 áreas como agricultura, construcción, industria, manufactura, minería y transporte, la tecnología Inteligencia Artificial se aplica en 4 áreas como construcción, industria, manufactura y minería, framework se aplica en industria y planta nuclear, la tecnología Realidad virtual se aplica sólo en construcción, la tecnología Blockchain se aplica sólo en construcción. Ver figura 9, que es un resumen de la tabla 1 de tecnologías utilizadas en las áreas encontradas en la revisión sistemática.

ITEM	ÁREA	INTERNET DE LAS COSAS	CLOUD	INTELIGENCIA ARTIFICIAL	FRAMEWORK	REALIDAD VIRTUAL	BLOCKCHAIN
1	AGRICULTURA	1	1				
2	CONSTRUCCION	4	2	1		1	1
3	INDUSTRIA	9	7	6	3		
4	MANUFACTURA	1	1	1			
5	MINERIA	3	3	1			
6	PLANTA NUCLEAR				1		
7	TRANSPORTE	2	2				
		20	16	9	4	1	1

Figura 9. Tecnologías utilizadas en áreas.

5. DISCUSIÓN

Las referencias que utilizan Inteligencia Artificial 18% tienen la propiedad de Alerta Temprana, las referencias que utilizan Framework 8% tienen la propiedad de Identificar datos, las referencias que utilizan Blockchain 2% tienen la propiedad de visualizar, las referencias que utilizan Realidad Aumentada 2% tienen la propiedad de visualizar, las referencias que utilizan IoT y/o Cloud 70% tienen la propiedad capturar y visualizar datos.

Son 16 referencias que aplican en combinación las tecnologías IoT y Cloud, es decir 53% del total. Además, otras relaciones con las otras características son: 7 de las 9 referencias que fueron implementados están en IoT y Cloud, 13 de las 18 referencias que crearon un prototipo están en IoT y Cloud, 14 de las 18 referencias que proponen una plataforma digital están en IoT y Cloud, 9 de las 18 referencias que capturan datos del ambiente de trabajo están en IoT y Cloud. Todas las referencias que están en IoT y Cloud utilizan sensores para captura de datos. Todas las referencias que utilizan tecnologías IoT y/o Cloud capturan datos por medio de dispositivos o directamente del ambiente.

En las tecnologías analizadas, se encuentran formadas por sensores que tienen excelentes propiedades como identificación de datos para generación de alerta temprana, esto sirve para disminuir o prevenir daños a los trabajadores mediante modelos y prototipos basados en datos del mismo trabajador o ambiente de trabajo.

De acuerdo a la literatura hay varios desafíos para aplicar tecnología a la seguridad industrial como: es poca la tecnología aplicada a esta parte de la industria, la tecnología es heterogénea (varias plataformas, sistemas operativos), falta de integración o análisis de los datos generados, sentirse observado, propiedad sobre los datos personales generados por el trabajador, introducción de herramientas en análisis (V. Patel et al., 2022)

Esta investigación tiene el potencial de brindar alternativas tecnológicas sobre Seguridad Industrial que ayuden a reducir las tasas de lesiones y mejorar las condiciones de trabajo; es necesario innovar en los modelos de gestión de seguridad industrial y mejorar las capacidades utilizando las tecnologías disponibles.

6. CONCLUSIÓN

El propósito de esta investigación es dar a conocer un conjunto de tecnologías que reducen la accidentabilidad y previenen enfermedades ocupacionales, en este caso IoT, Cloud, Inteligencia Artificial, framework, Realidad Virtual y Blockchain son utilizadas diferentes tipos de empresas industriales. Estas tecnologías utilizan dispositivos inteligentes como cascos, cinturones, guantes, zapatos, vehículos y gafas, además toman datos del ambiente de trabajo.

Basados en los datos obtenidos de esta investigación, esperamos que pueda servir de guía en seguridad industrial para los trabajadores en cualquier sitio laboral utilizando datos del cuerpo de la persona o datos del medio ambiente o datos de las máquinas.

Una ventaja importante del software y hardware en IoT es la detección de datos y avisos sobre el estado de personas y ambiente de trabajo, y permite realizar seguimiento remoto sobre ellos. Detectar desequilibrios en etapa temprana reduce accidentes en los trabajadores y evita paradas en la producción, aunque la inversión en tecnología podría ser alta también puede reducir a cero las pérdidas humanas.

REFERENCIAS

- Alvarado-Torres, C., Velarde-Garcés, E., & Bar-cia-Ayala, O. (2021). The implementation of hexagonal robot mapping and positioning system focuses on environmental scanning and temperature monitoring. *Journal of Autonomous Intelligence*, 4(1), 41–49.
- Asamblea. (2022). *Constitucion de la Republica del Ecuador*.
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2017). *Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14450>
- Ayala Carabajo, R., Llerena Izquierdo, J., Parra, P., Vega Ureta, N., Hernández, A., Romero, I., Silva, J., Rojas, T., Pérez Gosende, P., Yaguana, T., Cueva, J., Sumba, N., Gonzaga Acuña, A., López Chila, R., Caballero, E., Portugal, D., Medina, F., Mendieta, N., Caamaño, L., ... Parra, P. (2016). *Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad Memoria académica*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12776>
- Ayala, R., Llerena, J., Parra, P., Vega Ureta, N., Hernández, A., Romero, I., & Cueva, J. (2016). *Segundo Congreso Salesiano de Ciencia. Tecnología e Innovación Para La Sociedad*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12776>
- Barberán Vizueta, M. S., & Chela Criollo, J. K. (2021). *Prótesis impresas en 3D y aplicativo móvil de geolocalización: Caso de Estudio Novus Spem*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20293>
- Bejarano Quijano, M. A. (2015). *Propuesta para el mejoramiento de la seguridad y el rendimiento del espectro de las redes inalámbricas que son parte de los planes del servicio de valor agregado de internet en banda ancha y cable modem de 3 ISPS con penetración en la parroquia Ayacucho*.
- Benites Veliz, J. L., & Sánchez Murillo, H. F. (2018). *Estudio de factibilidad técnica e implementación de radioenlace backup con servicios Qos y políticas de seguridad para la empresa asevig-liderman cía. Lta*.
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018a). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*, 101(March), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018b). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*, 101, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>
- Campero-Jurado, I., Márquez-Sánchez, S., & Quintanar-Gómez, J. (2020). Smart Helmet 5.0 for Industrial Internet of Things Using Artificial Intelligence. *MDPI*, 6141, 1–28. <https://doi.org/10.3390/s20216241>
- Campoverde, M., Paulina, J., Urgilés, V., & José, M. (2018). Propuesta de un diseño de Plan de Seguridad y Salud Ocupacional en la fábrica “Ladrillosa S.A.” en la ciudad de Azogues - vía Biblián Sector Panamericana. *Universidad Politecnica Salesiana*.
- Chaabene, H., Prieske, O., Herz, M., Moran, J., Höhne, J., Kliegl, R., Ramirez-Campillo, R., Behm, D. G., Hortobágyi, T., & Granacher, U. (2021). Home-based exercise programmes improve physical fitness of healthy older adults: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis with relevance for COVID-19. *Ageing Research Reviews*, 67(February), 101265. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101265>
- de la Nube Toral Sarmiento, A., Loaiza Martínez, M. de L., Llerena Izquierdo, J., Ayala Carabajo, R., Torres Toukoumidis, A., Romero-Rodríguez, L. M., Aguaded, I., Vega Ureta, N. T., Fuentes Espinoza, P. G., Peñafiel Caicedo, J. A., & others. (2018). *4to. Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria académica*.
- Devibala, A. (2019). A Survey on Security Issues in Iot for Blockchain Healthcare. *2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICECCT.2019.8869253>
- District, C. (2020). Design and Development of the AI-assisted Safety System for Hazardous Plant. *International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, 13, 60–64. <https://doi.org/10.1109/CISP-BMEI51763.2020.9263603>

- Dlamini, N. N., & Johnston, K. (2016). The use, benefits and challenges of using the Internet of Things (IoT) in retail businesses: A literature review. *2016 International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE)*, 430–436. <https://doi.org/10.1109/ICACCE.2016.8073787>
- Dwivedi, A. D., Malina, L., Dzurenda, P., & Srivastava, G. (2019). Optimized Blockchain Model for Internet of Things based Healthcare Applications. *2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, 135–139. <https://doi.org/10.1109/TSP.2019.8769060>
- Fang, L., Shi, X., Mei, B., & Liu, Y. (2022). Design and Development of Industrial Safety APPs. *2022 IEEE 2nd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI)*, 2, 526–530. <https://doi.org/10.1109/ICETCI55101.2022.9832162>
- Galeas, M. N. (2021). Industrial Safety Smart Helmet for the Prevention of Accidents and Occupational Diseases. *Ingenio*, 4, 11–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.18779/ingenio.v4i1.363>
- Gnoni, M. G., Bragatto, P. A., Milazzo, M. F., & Setola, R. (2020). Integrating IoT technologies for an “intelligent” safety management in the process industry. *Procedia Manufacturing*, 42(2019), 511–515. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.040>
- International-Labour-Migration. (2022). *Safety and health at work*.
- Jo, B. W., Muhammad, R., & Khan, A. (2018). An Event Reporting and Early-Warning Safety System Based on the Internet of Things for Underground Coal Mines : A Case Study. *MDPI*, 7(925), 1–25. <https://doi.org/10.3390/app7090925>
- Khan, N., Lee, D., Baek, C., & Park, C. (2020). Converging Technologies for Safety Planning and Inspection Information System of Portable Firefighting Equipment. *IEEE Access*, 8, 211173–211188. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3039512>
- Llerena-Izquierdo, J., Barberan-Vizueta, M., & Chela-Criollo, J. (2020). Novus spem, 3D printing of upper limb prosthesis and geolocation mobile application. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2020(E33), 127–140.
- Llerena Izquierdo, J. (2014). *Presentación. Primer Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria Académica*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10961>
- Márquez-Sánchez, S. (2020). Distributed Computing and Artificial Intelligence, 16th International Conference, Special Sessions. In E. Herrera-Viedma, Z. Vale, P. Nielsen, A. Martin Del Rey, & R. Casado Vara (Eds.), *Springer Nature Switzerland* (Vol. 1004). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23946-6>
- Márquez-Sánchez, S., Campero-Jurado, I., Herrera-Santos, J., Rodríguez, S., & Corchado, J. M. (2021). Intelligent Platform Based on Smart PPE for Safety in Workplaces. *Sensors*, 21(14), 4652. <https://doi.org/10.3390/s21144652>
- Márquez-Sánchez, S., Campero-Jurado, I., Robles-Camarillo, D., Rodríguez, S., & Corchado-Rodríguez, J. M. (2021). BeSafe B2.0 Smart Multisensory Platform for Safety in Workplaces. *Sensors*, 21(10), 3372. <https://doi.org/10.3390/s21103372>
- Martin Sguazzin, C. (2020). Sistema de Monitoreo de somnolencia. *Universidad de Argentina*.
- Marucci, A., Colantoni, A., Zambon, I., & Egidi, G. (1921). SUBTROPICAL ESCULENTS: The Bradshaw Lecture. *British Medical Journal*, 2(3176), 801–803. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20770472>
- Mehata, K. M., Shankar, S. K., Karthikeyan, N., Nandhinee, K., & Hedwig, P. R. (2019). IoT Based Safety and Health Monitoring for Construction Workers. *2019 1st International Conference on Innovations in Information and Communication Technology (ICIICT)*, 1, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICIICT1.2019.8741478>
- Ngubo, S. A., Kruger, C. P., Hancke, G. P., & Silva, B. J. (2018). An Occupational Health and Safety Monitoring System. *International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 966–971. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2016.7819301>
- Orellana Ochoa, L. R., & Balladares Oviedo, A. I. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de control para el proceso de empaque de snacks en la planta alimentos yupi Ecuador utilizando*

autómatas programables.

- Park, M., Park, S., & Park, S. (2019). IoT-based Safety Recognition Service for Construction Site. *International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, 11, 738–741. <https://doi.org/10.1109/ICUFN.2019.8806080>
- Patel, D. H., Sadatiya, P., Patel, D. K., & Barot, P. (2019). IoT based Obligatory usage of Safety Equipment for Alcohol and Accident Detection. *2019 3rd International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 3, 71–74. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2019.8822104>
- Patel, V., Chesmore, A., Legner, C., & Pandey, S. (2022). Trends in Workplace Wearable Technologies and Connected-Worker Solutions. *Advanced Intelligent Systems*, 4, 1–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aisy.202100099>
- Pazmiño Sánchez, C. A. (2021). *Protocolo Lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la Industria ganadera del Ecuador: Una revisión sistemática.* <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20340>
- Porselvi, T., Cs, S. G., Janaki, B., Priyadarshini, K., & S, S. B. (2021). IoT Based Coal Mine Safety and Health Monitoring System using LoRaWAN. *International Conference on Signal Processing and Communication (ICPSC)*, 3(May), 49–53. <https://doi.org/10.1109/ICSPC51351.2021.9451673>
- Prabha, D. (2021). IoT application for Safety and Health Monitoring System for Construction Workers. *International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 453–457. <https://doi.org/10.1109/ICOEI51242.2021.9452911>
- Rahman, M. A., Shamim Hossain, M., Islam, M. S., Alrajeh, N. A., & Muhammad, G. (2020). Secure and provenance enhanced internet of health things framework: A blockchain managed federated learning approach. *IEEE Access*, 8, 205071–205087. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3037474>
- Ramane, R., Patole, R., Nevrekar, S., Aher, A., & Deshmukh, N. (2021). Monitoring Health of IIOT Devices using Blockchain. *2021 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, 300–304. <https://doi.org/10.1109/ICIEM51511.2021.9445282>
- Romo Villafuerte, D., & Valarezo Constante, J. (2012). *Análisis e implementación de la norma ISO 27002 para el departamento de sistemas de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.*
- Sánchez, M. M., & Rodriguez, J. C. (2020). Smart Protective Protection Equipment for an accessible work environment and occupational hazard prevention. *International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, 548(10), 581–585. <https://doi.org/10.1109/Confluence47617.2020.9058188>
- Surakov, M. R., & Prakhov, I. V. (2020). Software and Hardware System Development for Determining Pump-and-Compressor Equipment Technical State. *International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon)*, 215–219. <https://doi.org/10.1109/UralCon49858.2020.9216283>
- Tuptuk, N., Hazell, P., Watson, J., & Hailes, S. (2021). A systematic review of the state of cybersecurity in water systems. *Water (Switzerland)*, 13(1), 81. <https://doi.org/10.3390/w13010081>
- Wang, H. (2022). Safety traceability application of electrical equipment based on Internet of Things identification. *International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms (EEBDA)*, 334–337. <https://doi.org/10.1109/EEBDA53927.2022.9744782>
- Wang, Y., Cui, G., Zhang, L., & Li, H. (2020). Research on Application of Trusted Computing 3.0 in Industrial Control System of Nuclear Power Plant. *International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN)*, 12, 297–301. <https://doi.org/10.1109/ICCSN49894.2020.9139068>
- Wu, F., Wu, T., & Yuce, M. R. (2022). Design and Implementation of a Wearable Sensor Network System for IoT-Connected Safety and Health Applications. *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 5, 87–90. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2019.8767280>
- Wu, H., Yu, W., Gao, R., Wang, K., & Liu, K. (2020). Measuring the Effectiveness of VR Technique for Safety Training of Hazardous Construction Site Scenarios. *International Conference on*

- Architecture, Construction, Environment and Hydraulics (ICACEH)*, 2, 2020–2023.
<https://doi.org/10.1109/ICACEH51803.2020.9366218>
- Xenofontos, C., Zografopoulos, I., Konstantinou, C., Jolfaei, A., Khan, M. K., & Choo, K. K. R. (2021). Consumer, Commercial and Industrial IoT (In)Security: Attack Taxonomy and Case Studies. *IEEE Internet of Things Journal*. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3079916>
- Yan, M. (2021). Design and Realization of Intelligent Safety Helmet Based on NB-IoT. *International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP)*, 6(Icsp), 933–936. <https://doi.org/10.1109/ICSP51882.2021.9408761>
- Yuan, Y., Liu, P., Engineer, M., Beijing, T., & Liu, Y. (2020). The application analysis of fault diagnosis with artificial Intelligent for industrial equipment. *International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)*, 2, 2020–2023. <https://doi.org/10.1109/ICCASIT50869.2020.9368628>
- Zhihong, F. (2020). Application of IoT technology in construction engineering safety management. *International Conference on Urban Engineering and Management Science (ICUEMS)*, 651–656. <https://doi.org/10.1109/ICUEMS50872.2020.00143>