



Received: 30/05/2024

Accepted: 15/06/2024

Anales de Edificación

Vol. 10, Nº2, 58-68 (2024)

ISSN: 2444-1309

DOI: 10.20868/ade.2024.5473

Evaluación del clima de seguridad en obras de construcción, entornos de observación preventiva Safety climate evaluation in construction works, preventive observation environments

Antonio José Carpio De Los Pinos^a; María De Las Nieves González García^a; João Santos Baptista^b; Miguel Fernández Álvarez^a

^a Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

^b Universidade do Porto, Porto, Portugal

Resumen-- Las metodologías de evaluación de riesgos laborales en construcción, tanto cualitativas como cuantitativas, suelen comunicarse de forma atemporal, dificultando su interpretación y afectando el clima de seguridad. Este estudio propone la metodología *Nivel de la Acción Preventiva*, que evalúa riesgos durante los procesos constructivos y la seguridad en las zonas de trabajo, integrando criterios de comunicación para determinar el clima de seguridad.

El método combina entornos cuantitativos y cualitativos. En el *Entorno Cuantitativo*, asigna valores numéricos considerando factores como la complejidad de la obra, exposición al riesgo y medios de seguridad. En el *Entorno Cualitativo*, emplea criterios lingüísticos que reflejan el clima de seguridad basado en la ubicación y comportamiento del trabajador. Finalmente, el *Entorno Congruente* unifica estos resultados para establecer una comunicación efectiva del control preventivo.

La metodología requiere conocimientos en neurociencia, comunicación y comportamiento social, complementada con tecnología BIM e inteligencia artificial, empleando sensores corporales y zonales para monitorizar y optimizar la interacción máquina-humano.

Palabras clave— Evaluación de Riesgos; Evaluación de Seguridad; Construcción; Entornos preventivos; Comunicación.

Abstract— Risk assessment methodologies in construction, both qualitative and quantitative, are often communicated timelessly, complicating interpretation and impacting the safety climate. This study introduces the *Level of Preventive Action* methodology, which evaluates risks during construction processes and workplace safety while integrating communication criteria to assess the safety climate.

The method combines quantitative and qualitative frameworks. The *Quantitative Framework* assigns numerical values based on factors like project complexity, risk exposure, and safety measures. The *Qualitative Framework* uses linguistic criteria to interpret the safety climate considering worker location and behavior. Lastly, the *Congruent Framework* synthesizes these results to establish effective preventive control communication.

This methodology integrates neuroscience, communication, and social behavior knowledge, enhanced by BIM technology and artificial intelligence. It uses body and zone sensors to monitor and optimize machine-human interaction.

Index Terms— Risk Assessment; Safety Assessment; Construction; Preventive Environments; Communication.

I. INTRODUCCIÓN

El Todas las empresas tienen la obligación de realizar una evaluación de riesgos laborales para garantizar el bienestar y la salud de los trabajadores (BOE-269, 1995). En todos los sectores productivos (industria, construcción, agricultura, etc.), las metodologías de evaluación de riesgos adaptan sus criterios

de aplicación conforme a las disciplinas que se evalúan. Estas disciplinas son Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología aplicada. Además, la implementación de estas metodologías puede abarcar una disciplina (individual) o todas las disciplinas (global); incluso hay metodologías que abarcan la evaluación de riesgos a un solo riesgo (Forteza et al., 2022). Sin embargo, en términos

A. J. C. D. L. P. y M. D. L. N. G. G. son Profesor Ayudante Doctor y Profesora Titular En El Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control de la Escuela Técnica Superior De Edificación de Madrid. J. S. B. es

profesor asociado en la facultad de ingeniería civil de la universidad de Oporto. M. F. Á. es profesor titular en el departamento de lingüística aplicada de la Escuela Técnica Superior De Edificación de Madrid.

particulares, el sector de la construcción continúa aportando los datos más altos en índices de incidencia, llevando asociadas las causas de accidentes muy graves y mortales (INSST, 2023) Los trabajos de construcción que se encuadran en los que mayor accidentalidad marcan son trabajos de excavación, movimiento de tierras, elementos prefabricados, instalaciones, rehabilitación, reparación, demoliciones, mantenimiento, trabajos de pintura, trabajos de saneamiento, reuniones a pie de obra, condiciones climatológica y premuras para la entrega de los trabajos dentro de las en fechas contratadas (Jin et al., 2021).

Son muy variadas las investigaciones en metodologías de aplicación en obras de construcción, debido a las particularidades propias del sector de la construcción. Las metodologías de evaluación de riesgos parten del análisis de la probabilidad y consecuencias a los que se enfrenta un trabajador de la construcción. Posteriormente, se desarrolla y aproxima a la realidad de las circunstancias proponiendo los parámetros de la frecuencia y el grado de exposición al riesgo y en el que se incluye el parámetro inversamente proporcional de la acción correctora (Carpio y González, 2017). También se extiende el análisis de la prevención de riesgos a parámetros técnicos de diseño durante las fases de desarrollo inicial de una edificación y en la fase de desarrollo productivo (Minh y Yingbin, 2019). Además, se abarca diferentes procedimientos constructivos en base a los materiales, medios auxiliares, maquinaria, sistemas preventivos de seguridad y en la formación de seguridad de los trabajadores (Forteza et al., 2022). Las relaciones personales entre los trabajadores, roles de comportamientos seguros y el clima de seguridad también forman parte de los nuevos niveles de observación para la prevención de riesgos (Engeda et al., 2022). Otras metodologías de evaluación de riesgos analizan los entornos desde aspectos muy diversos como la observación del clima de seguridad, los factores de gravedad (consecuencias), los factores de posibilidad (probabilidad) y las barreras de seguridad (medios de seguridad) (Pinto, 2014). También se analizan los roles de la jerarquía de mando y la toma de decisiones para evaluar cuáles son las consecuencias respecto a las previsible modificaciones en el ciclo de vida del edificio, desde la fase de diseño hasta la reintegración. Particularmente, hay investigaciones en el sector de la construcción que determinan la necesidad de una buena planificación y organización de la obra en la fase de proyecto, minimizando en más del 60% la accidentalidad durante la fase de implementación del proyecto (Meng et al., 2020). Finalmente, también se analiza la incidencia de los factores psicosociales y ergonómicos, siendo el exceso de confianza y las posturas forzadas, las principales causas de accidentes en la construcción. Los procesos en la industria de la construcción ofrecen una complejidad que exige la evaluación de riesgos conjunta de gestión, de organización, de planificación del entorno, de medios humanos, de material, etc. (Dong et al., 2023). Resultando esencial establecer las bases para definir un modelo que reúna todas las posibilidades de análisis en el ámbito de las obras de construcción (Carpio y González, 2020).

Todas las metodologías analizadas ofrecen resultados basados en inspecciones visuales a pie de obra y mediante el

seguimiento de una lista de comprobación o checklist. Posteriormente, se aporta un estudio analítico (cualitativo y cuantitativo) basado en situaciones de construcción inspeccionadas en un momento del pasado, quedando el resultado, posteriormente, como motivo estadístico y de información para situaciones de riesgo futuras. Cuando se aplican los criterios evaluados en base a los resultados obtenidos, las circunstancias ya no son las mismas. Los trabajadores han cambiado su lugar de trabajo, incluso los trabajadores no son los mismos que durante la inspección para la evaluación, los sistemas constructivos han modificado la geometría, el movimiento de los trabajadores es diferente, la actitud de los trabajadores es diferente (Sukwika y Zabbara, 2023). A todo ello, se suma que el clima de seguridad queda a expensas de esta libre interpretación por parte de los trabajadores y empresarios. Resulta fundamental comunicar los resultados de la evaluación de riesgos lo antes posible para activar la promoción y la mejora de las condiciones de trabajo, generando la necesidad de participación en las acciones preventivas, y considerando los diferentes entornos que participan en esta comunicación (documental, constructivo y social) (Carpio y González, 2020; Carpio y González, 2017). Esto desarrolla una actitud personal hacia la toma de decisiones, creando una cultura preventiva entre los diferentes grupos jerárquicos de la empresa. Investigaciones recientes indican la necesidad de incorporar el análisis del clima de seguridad por la incertidumbre que genera el comportamiento humano en la prevención de riesgo (Trinh y Feng, 2020). Resultando imprescindible, con motivo de ello, analizar los riesgos psicosociales en toda la estructura jerárquica de la empresa. Como consecuencia del análisis de las diferentes estrategias de evaluación de riesgos en obras de construcción y dada la variabilidad y particularidad de las obras de construcción, es imprescindible analizar no sólo los entornos que proporcionan parámetros cuantitativos, sino también los entornos que proporcionan parámetros cualitativos tanto en la forma de evaluar como dentro del procedimiento de comunicación de resultados (Dong et al., 2023).

El objetivo de este estudio es, mediante la aplicación de la metodología de evaluación de riesgos laborales en obras de construcción denominada Nivel de la Acción Preventiva (Nacp), evaluar no sólo los riesgos durante los procesos constructivos, sino también el entorno en la zona de trabajo y completando la evaluación mediante los criterios de comunicación de los resultados. Esto implica un análisis de los riesgos laborales desde aspectos cuantitativos y cualitativos. Tras la evaluación de riesgos laborales se requiere un determinado nivel de acción preventiva de los trabajadores basado en la comunicación de los resultados. Por lo tanto, es fundamental considerar la evaluación de la acción preventiva junto con la evaluación de la acción comunicativa. Obteniendo la evaluación del clima de seguridad.

II. METODOLOGÍA

La evolución de las metodologías de evaluación comienza a desarrollar rutinas de estudio más allá de los factores físicos

tradicionales, sumando el comportamiento humano; lo cual implica un desarrollo complejo en la elaboración de los informes de evaluación. Dentro de la amplia información en las técnicas de lucha contra el riesgo, no sólo el ámbito matemático y técnico, sino el campo de la psicología está abriendo nuevas posibilidades en las técnicas de observación para ser utilizadas en los criterios de prevención (Tring y Feng, 2020).

Dentro del contexto de la evolución que requieren las diferentes metodologías de evaluación de riesgos, y más, en concreto, las que se aplican a las medidas preventivas en el sector de la construcción, se tiene la nueva metodología de evaluación de riesgos adaptada a obras de edificación denominada Nivel de la Acción Preventiva (Carpio y González, 2020; Carpio y González, 2017). Es un método global que se aplica en cinco fases a partir de la observación técnica y de la toma de datos respecto a los medios de seguridad, higiénicos y ergonómicos; y con una encuesta psicosocial a pie de obra para obtener el estudio psicosocial. El proceso evolutivo efectivo de los procedimientos preventivos, hacia el control óptimo de la acción preventiva, se manifiesta con la participación directa de los trabajadores y agentes de obra en cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo.

A. Metodología de evaluación de riesgos. Nivel de la Acción Preventiva

Esta metodología de evaluación de riesgos evalúa los aspectos generales y particulares del entorno de observación técnica, como son el entorno documental (proyecto de construcción), el entorno constructivo (gestión de obra) y el entorno social (relaciones) del proceso edificatorio; en base a nuevos conceptos de parametrización del valor característico de la complejidad propia de la obra y de la percepción del entorno por los trabajadores, mediante criterios técnico-sociales. La metodología de evaluación de riesgos adaptada a obras de edificación, Nivel de la Acción Preventiva, plantea las actuaciones de recomendación a partir de las bases de control preventivo. Estas bases de control preventivo tienen carácter cuantitativo y cualitativo. Por un lado, determina la cantidad de acción preventiva que se queda desfasada respecto al criterio inicial marcado en el Plan de Seguridad y Salud Laboral redactado por la empresa contratista, y determina, además, la cantidad de acción preventiva que se requiere para conseguir una tendencia o control óptimo en los niveles de prevención. Por otro lado, determina un factor cualitativo en orden a la cantidad de acción que se precisa. Son expresiones valorizadas e intuitivas en su definición para ser comprendidas de manera eficiente por parte de la empresa o del trabajador.

Esta metodología se expresa mediante la ecuación matemática:

$$N_{acp} = (P \cdot C) \cdot \left(\frac{R_r \cdot R_f \cdot E}{C_e \cdot I_p \cdot N_s} \right) \quad (1)$$

En los siguientes apartados se da explicación sobre cada uno de los parámetros de la ecuación (1) en los entornos cuantitativos de acción preventiva y los entornos cualitativos en

los procedimientos de acción comunicativa y acción segura.

Los parámetros de Probabilidad (P) y Consecuencias (C) reflejan la evaluación de riesgos definida en el Plan de Seguridad y Salud Laboral redactado por el titular de la empresa contratista. Sus valores se adaptan a la metodología del Nacp. Estos dos parámetros generan un valor inicial o entorno inicial que determina la cantidad de riesgo esperable en la unidad de obra. La expresión matemática del entorno inicial viene dada por la ecuación (2):

$$\text{Entorno Inicial} = E_i = (P \cdot C) \quad (2)$$

Los siguientes seis parámetros, entre paréntesis, corresponden a la evaluación de la acción preventiva que se realiza a pie de obra. Estos parámetros evalúan diferentes entornos de observación preventiva y su valor incrementa o decrecienta el valor inicial o entorno inicial, obteniendo un resultado muy acorde a la situación real de la obra. Estos parámetros tienen un carácter cuantitativo. Posteriormente a la evaluación del entorno de la acción preventiva, se procede a la comunicación de los resultados. Este entorno se denomina evaluación de la acción comunicativa y genera diferentes parámetros de carácter cualitativo que interpreta los resultados numéricos y los traslada de manera lingüística en base a otros entornos.

B. Entornos en la evaluación de la Acción Preventiva

El método de evaluación de Riesgos, Nivel de la Acción Preventiva (Nacp), desarrollado a partir del modelo matemático de William T. Fine, relaciona los cuatro entornos de evaluación y observación de los procesos constructivos de una obra: el entorno inicial que se corresponde con el proceso de concepción, diseño y proyecto del edificio; el entorno documental, que se corresponde con las características físicas y geométricas del edificio; el entorno constructivo, respecto al grado de exposición del trabajador al riesgo y los sistemas y medios de seguridad de la empresa; y el entorno social respecto al nivel de participación en materia de prevención y nivel de satisfacción de los trabajadores. La expresión matemática del entorno de la acción preventiva viene dada por la ecuación (3) y sus parámetros viene definidos en los siguientes subapartados:

$$\text{Entorno de Acción Preventiva} = E_{acp} = \left(\frac{R_r \cdot R_f \cdot E}{C_e \cdot I_p \cdot N_s} \right) = \begin{pmatrix} E_d \\ E_c \\ E_s \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$= \begin{pmatrix} \text{Entorno Documental} \\ \text{Entorno Constructivo} \\ \text{Entorno Social} \end{pmatrix}$$

1) Entorno Documental, E_d

Se determina como fundamental la gestión de la prevención y evaluación de riesgos y el estudio sobre la integración de la prevención en proyectos de obras. En el Informe Lorent, redactado por Mr. Pierre Lorent, asesor de la Comisión Europea para prevención de riesgos en la construcción, en el que se señala que el 35% de los accidentes mortales tiene su origen en la fase de proyecto; el 28% de los accidentes tienen su origen en la fase de planificación; y el 37% tiene su origen en la fase

de ejecución. Con lo que concluye que el 63% de los accidentes mortales se deben a las decisiones tomadas antes de comenzar la obra (Lorent, 1989).

En la acción preventiva del entorno documental se establece la definición geométrica de la edificación y sus correspondientes características teóricas, con sus respectivas unidades de obra y sistemas constructivos, con la parametrización de los mismos y su conformidad a la base legal; en la parte correspondiente a la documentación del proyecto de ejecución de obra. Como entorno documental, forma parte la definición dada por la empresa constructora en el seguimiento y puesta en marcha de los sistemas de construcción y prevención; dentro de los márgenes presupuestarios. Entre los parámetros cuantificables en este entorno, se tienen:

- El Riesgo Relativo (Rr) es el parámetro preventivo que interpreta la complejidad de la seguridad constructiva propia de la unidad de obra y que incrementa el valor del riesgo absoluto. Los factores constructivos con la escala de valor y su correspondiente valor característico están en función del grafismo necesario para la ejecución de la unidad de obra, el replanteo necesario para la ejecución de la unidad de obra, el número de trabajadores que hay o son necesarios para la ejecución de la unidad de obra, la cualificación necesaria para la ejecución de la unidad de obra, la altura o profundidad (en valor absoluto, hasta el terreno) del plano de trabajo necesario para la ejecución de la unidad de obra, la herramienta y maquinaria necesaria o existente para la ejecución de la unidad de obra, el peso de los materiales necesarios, y la manejabilidad para el desplazamiento y colocación del material necesario para la ejecución de la unidad de obra.
- El Riesgo Frontera (Rf): parámetro preventivo que interpreta la ubicación de la unidad de obra y de su incidencia por el entorno, y que incrementa el valor del riesgo absoluto. En este parámetro se analizan dos puntos de vista, en base a la posibilidad de caída libre:
 - La altura real que hay desde el plano de trabajo hasta el terreno. Este concepto es independiente de la cantidad de obra existente. La altura se mide en verdadera magnitud y la profundidad en valor absoluto.
 - Ubicación del operario respecto a la situación de peligro teórica. Este concepto depende de la distancia teórica que hay desde el trabajador o los trabajadores hasta la situación de peligro.

2) Entorno Constructivo, E_c

Las investigaciones y metodologías de evaluación en el ámbito constructivo abarcan dos aspectos fundamentales: la gestión en el proceso de construcción y las condiciones individuales de cada uno de los operarios que se requieren para desarrollar la obra con las medidas de seguridad adecuadas. Así, respecto a la organización de la seguridad en el proceso constructivo, se requiere una adecuada planificación de los sistemas constructivos que se van a implementar, los medios auxiliares que se van a necesitar y los medios humanos que van a ejecutar materialmente la obra (Mínguez, 1993).

En el entorno constructivo se definen las condiciones de complejidad constructiva en base a las unidades de obra, su ubicación e interdependencia con otras unidades de obra. Esto influye en los rendimientos de los trabajadores para la realización de dichas unidades de obra, y, en consecuencia, en el desarrollo presupuestario de la obra. Entre los parámetros cuantificables en este entorno, se tienen:

- Grado de Exposición (E): parámetro que evalúa la cantidad de tiempo que se emplea para completar la unidad de obra y que por ello el trabajador se expone al riesgo varias veces durante la ejecución de la unidad de obra, en el entorno próximo del lugar de trabajo y en los accesos de la obra hasta llegar al lugar de trabajo.
- Capacidad Económica (Ce): parámetro que evalúa el procedimiento organizativo de la ejecución de obra y la cantidad de medios económicos en los sistemas constructivos de prevención. Analizando desde el punto de vista individual del trabajador, del equipo o grupo de trabajo y de la obra en general. A su vez analiza la cantidad de equipo de protección individual que tienen los operarios y la cantidad de sistemas de protección colectiva que hay en la obra.

3) Entorno Social, E_s

El análisis de la actitud y la conducta son fundamentales para conseguir modificar el entorno del accidente. Ya que, muchos de los accidentes o incidentes englobados en los entornos de riesgos de seguridad, higiene y ergonómicos, tienen o pueden tener sus causas desde los riesgos psicosociales. Por lo que los riesgos en el sector de la construcción no son sólo los referidos a los aspectos físicos, técnicos y de dirección, sino también a los riesgos dentro del ámbito de la ergonomía y la psicología; declarando que el exceso de confianza y las posturas forzadas son las causas determinantes de los accidentes, sumando a las causas que originan el accidente el bajo bienestar de los trabajadores, el exceso de confianza de los trabajadores experimentados, inexperiencia de los jóvenes, la rutina y la sobrecarga (Gamella, 2013). La evolución de las metodologías de evaluación comienza a desarrollar rutinas de estudio más allá de los factores físicos tradicionales, sumando el comportamiento humano; lo cual implica un desarrollo complejo en la elaboración de los informes de evaluación.

En el entorno social se definen el interés, la participación y el estado de ánimo de los trabajadores como elementos fundamentales asociados a la realización de las unidades de obra y los diferentes sistemas constructivos. Entre los parámetros cuantificables en este entorno, se tienen:

- Interés Participativo (Ip): parámetro que evalúa el interés de los diferentes agentes intervinientes en una obra obteniendo la percepción sobre la seguridad y salud. Este parámetro se basa en la observación, en los comentarios que dicen los trabajadores y en la conversación que se tiene con ellos. Se analiza la información que demuestra el trabajador que tiene sobre la prevención, cursos de formación a los que ha asistido, conocimiento sobre la normativa de seguridad y salud laboral y si solicita o exige que se le suministre con los medios de protección

individuales y colectivos. A continuación se analiza la implicación y la participación del trabajador en los procedimientos de prevención para la obra en su propia unidad de obra, de manera individual, y en el resto de las unidades de obra a nivel de grupo.

- Nivel de Satisfacción (Ns): Parámetro que considera aspectos generales del comportamiento, estado de ánimo y la actitud humana que influyen, o pueden influir, de manera determinante en la generación de riesgos. Este parámetro se realiza mediante una encuesta a pie de obra a todos los operarios que están participando en la obra. Las preguntas abarcan los criterios de percepción personal, percepción de la seguridad y percepción del entorno.

C. Entornos en la evaluación de la Acción Comunicativa

El estudio de la evolución de las metodologías de evaluación y su adaptación al sector de la construcción abre nuevos parámetros de observación como son las emociones, que se interrelacionan, transmiten y generan un ambiente; es la componente cultural dentro del ambiente de obra. La prevención hay que desarrollarla desde el enfoque de las Ciencias Humanas, por el camino de la Antropología, Psicología y Sociología; lo cual implicaría un avance y una evolución determinantes para la prevención del riesgo. Así mismo, entre los sistemas de prevención se comienzan a analizar los factores de productividad de una empresa frente al comportamiento social de los trabajadores. Dicho componente o parámetro se añade a la evaluación de las diferentes metodologías de evaluación: la felicidad. Estableciendo las investigaciones al respecto, que cuando los trabajadores se sienten felices el grado de disminución de los accidentes supera el 300% y la productividad de la empresa aumenta por encima del 88%. Estos nuevos conceptos abarcan el optimismo, el talento, las relaciones, la creatividad, la adaptación, la buena salud, el ser resolutivo y carácter de aprendizaje. Por lo que el estrés laboral es uno de los elementos sobre los que se debe incidir para reducir el riesgo, estableciendo su prevención mediante medidas de satisfacción laboral. Además, es necesario conocer las necesidades del trabajo y de los trabajadores, determinando la participación y la comunicación como parámetros fundamentales (López, 2014).

Esta acción comunicativa se realiza por parte del inspector en prevención y se desarrolla en base a la interpretación de los resultados cuantitativos del método del Nacp. Para ello se requiere analizar de manera conjunta tres entornos. El entorno reconocible que describe de manera geométrica la cantidad de acción preventiva que se requiere con un espectro de seis colores identificados mediante elementos superficiales y volumétricos incorporados al modelo tridimensional del edificio (BIM-Revit). El entorno probable medido a partir de sensores de geolocalización que posicionan al trabajador respecto al modelo tridimensional (BIM-Revit); y el entorno lingüístico que se basa en la adaptación lingüística de los resultados y comunicar la evaluación a los agentes y trabajadores de la obra. La expresión matemática del entorno de la acción comunicativa viene dada por la ecuación o matriz de

conjunto de acciones (4) y sus parámetros viene definidos en los siguientes subapartados:

$$\begin{aligned} \text{Entorno de Acción Comunicativa} = E_{acc} &= \begin{pmatrix} E_R \\ E_P \\ E_L \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \text{Entorno Reconocible} \\ \text{Entorno Probable} \\ \text{Entorno Lingüístico} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

1) Entorno Reconocible, E_R

El reconocimiento del entorno se basa en la implementación de sensores zonales que escanean la volumetría cercana, sensores que determinan el posicionamiento georreferenciado del trabajador y sensores que miden la biometría del trabajador. Entre los procedimientos especializados se tienen desarrollos informáticos de implementación para dispositivos móviles, Realidad virtual y aumentada, control de imágenes y toma de datos por vehículos aéreos no tripulados (comúnmente denominados con el término DRON); o el control del entorno mediante la instalación de sensores (Carpio et al., 2023a).

En la metodología de evaluación de riesgos del Nacp, los resultados de la evaluación se muestran mediante condiciones lingüísticas y que, a menudo, implican dificultad en su interpretación por parte de los trabajadores. Para facilitar el reconocimiento del entorno se muestran los resultados de la evaluación de manera geométrica y visual, por lo que cualquier trabajador puede interpretar fácilmente cuáles son las condiciones de riesgo que existen y la cantidad de acción preventiva que se requiere. Esta interpretación geométrica del resultado cuantitativo del nivel de la acción preventiva es de carácter cualitativo, visual y dinámico, y ofrece la posibilidad de interactuar con el trabajador de manera inmediata y en tiempo real, con dispositivos conectados mediante una aplicación informática; aunando tecnología y comportamiento humano (Carpio et al., 2023a).

La acción comunicativa se determina a partir de la interpretación cualitativa de cada uno de los resultados cuantitativos de cada parámetro de la acción preventiva (riesgo relativo, riesgo frontera, grado de exposición, capacidad económica, interés participativo y nivel de satisfacción) en un entorno identificable. Cuanto más reconocible sea el entorno, más seguro es el entorno.

2) Entorno Probable, E_P

Una amplia bibliografía recoge el estudio de las aglomeraciones de personas en actos multitudinarios, los movimientos de las masas y el estudio de la predicción de estos comportamientos. Existen modelos matemáticos que determinan la interacción de dos peatones en movimiento y que evitan su colisión. Es fundamental plantear la heurística sobre nuevos modelos de comportamiento humano colectivo, sobre cómo se va a proceder a la toma de decisiones grupales, sobre los patrones de actividades grupales específicas o sobre las diferentes interacciones simultáneas entre múltiples individuos. En el mercado hay dispositivos que permiten monitorizar y detectar momentos de estrés en las acciones del mundo real. Otros modelos de estudio interpretan, no sólo el movimiento o los flujos dinámicos de las personas, sino el contagio que se

genera cuando existe el contacto entre dos individuos: el comportamiento de uno se traslada al comportamiento del otro. Muy similar a los comportamientos de enjambre (Bertozi et al., 2014).

En la metodología de evaluación de riesgos del Nacp, se describe que el estado de ánimo afecta a la percepción del riesgo y por lo tanto a la actitud del trabajador frente a él. El movimiento de las personas, en diferentes flujos de movimientos, puede ser analizado para comprobar cómo se comportan la interacción de las líneas o trayectorias de cada uno de los peatones y en diferentes escenarios (Carpio et al., 2023b).

La acción comunicativa se determina a partir de la interpretación cualitativa de cada uno de los resultados cuantitativos de cada parámetro de la acción preventiva (riesgo relativo, riesgo frontera, grado de exposición, capacidad económica, interés participativo y nivel de satisfacción) en un entorno identificable. Para ello, se implementa un modelo matemático-predictivo con el que se analizan los flujos de los individuos en la plataforma de trabajo y la interacción entre ellos, tanto por su movimiento, como por el contagio de su estado de ánimo. Cuanto más predecible sea el entorno, más seguro es el entorno.

3) Entorno Lingüístico, E_L

Hay investigaciones que analizan los procedimientos colaborativos para la implementación acertada en los protocolos de la tecnología BIM, concluyendo que el factor humano es causa determinante para que no funcionen los roles de los equipos de trabajo. Esta situación implica una gran interferencia de la implementación del proyecto en su fase de construcción. Ante esta situación, se plantean metodologías de planificación colaborativa como Lean (Pons y Rubio, 2019) o Scrum (Lasa et al., 2017), que examinan el factor humano como una realidad inevitable con un gran impacto en el progreso de cualquier actividad.

La actitud de los trabajadores de la construcción está influenciada por sus percepciones del riesgo, la gestión, los roles seguros y procedimientos de comunicación. Una correcta o incorrecta organización puede influir en las percepciones del clima de seguridad, influyendo en la acción segura. La mayor dificultad que tienen las metodologías de evaluación de riesgos laborales es exponer los criterios de mejora del riesgo. Por ello, es fundamental considerar los conocimientos básicos y entornos óptimos de la comunicación, así como las influencias positivas y negativas (Albano et al., 2018).

En la metodología de evaluación de riesgos del Nacp, se determina el valor de la incongruencia en base a la relación de las respuestas respecto a la percepción del riesgo entre el inspector y el trabajador. Es necesario conversar con el trabajador sobre el clima seguro. En la comunicación, basada en la neurociencia, las investigaciones se están enfocando en el funcionamiento del cerebro para comprender los mecanismos de regulación del control de las reacciones y comportamiento humano (Mesa et al., 2021).

La acción comunicativa se determina a partir de la interpretación cualitativa de cada uno de los resultados cuantitativos de cada parámetro de la acción preventiva (riesgo

relativo, riesgo frontera, grado de exposición, capacidad económica, interés participativo y nivel de satisfacción) en un entorno lingüístico. Todo el procedimiento de comunicación debe ser enfocado con criterios de neurociencia para conseguir modificar los criterios de los trabajadores y mejorar el clima de seguridad durante la construcción (Carpio et al., 2024).

III. RESULTADOS. IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Una amplia bibliografía considera la necesidad de soporte digital para la implementación del control del desarrollo del edificio (concepción, proyecto, contratación, construcción, entrega, uso, mantenimiento y ciclo de vida). La implementación de nuevas tecnologías en el sector de la construcción implica beneficios en velocidad, flexibilidad, calidad y eficiencia para el estado, las empresas y los trabajadores. La implementación de la tecnología BIM (*Building Information Modelling*) en los procesos tanto de proyecto como constructivos de una edificación, permite la automatización del presupuesto de ejecución del edificio, mejora en la gestión por modificaciones de obra, visualización efectiva de la planificación y programación de la construcción, análisis de la eficiencia energética y consideraciones del ciclo de vida de los materiales empleados para su construcción. Hay investigaciones que realizan una revisión de la gestión en materia de seguridad y salud laboral en el sector de la construcción basada en la tecnología BIM. Incluso particularizan en el uso e implementación de nuevas tecnologías como son los algoritmos para monitorización de datos, reglas de chequeo y sistemas de geolocalización a tiempo real (Aguilar et al., 2019). Otras investigaciones analizan el diseño y la implementación de modelos de protecciones colectivas durante el desarrollo de la redacción del proyecto con la tecnología BIM. Generando todas las necesidades constructivas en materia de protección de riesgos durante la fase de construcción. Esto ayuda a prever en la fase de proyecto la gestión de la seguridad optimizando el proceso de construcción.

En este caso de estudio, lo que se plantea es implementar la metodología de evaluación de riesgos del método Nacp en la tecnología BIM. Esta implementación permite evaluar los riesgos en todas las fases del edificio (concepción, proyecto, contratación, construcción, uso, mantenimiento y ciclo de vida). No obstante, la evaluación en la fase de proyecto será muy diferente a la evaluación en la fase de construcción. En la fase de proyecto se podrán evaluar condiciones límite en los valores característicos de la ecuación. El factor humano, actualmente, es condición necesaria para la evaluación, ya que los equipos de colaboración son parte implicada en el funcionamiento de los criterios de la metodología BIM. La clave para conseguir que los equipos de trabajo colaboren de manera efectiva es mediante la implicación emocional de las personas. Los métodos de trabajo colaborativo se desarrollan a partir del *Lean Construction* analizando la composición de los equipos mediante la motivación personal y el aprovechamiento del talento. Respecto a los sensores que están siendo utilizados en el sector de la construcción, los más usados son los de posicionamiento del trabajador, identificación de los equipos de

protección individual y movimientos de los trabajadores (Sidani et al., 2021).

Todas las condiciones físicas de los materiales y la programación del desarrollo de la construcción quedan perfectamente implementadas en los criterios tecnológicos del BIM. Además, los comportamientos humanos de los trabajadores durante la fase de construcción, obviamente, no se incorporan en la documentación del proyecto; debido a que se desconocen. Las condiciones psíquicas y de comportamiento son complejas de cuantificar y monitorizar. Para ello es necesaria la incorporación de sensores corporales que transfieran los datos necesarios para conseguir que la evaluación de riesgos durante la fase de construcción pueda monitorizarse.

Para realizar la evaluación en materia de prevención de riesgos laborales en obras de construcción y comunicar los resultados de una manera eficiente e inmediata, es necesario evaluar el entorno inicial previo al comienzo de las obras de construcción. En esta fase, se analizan la probabilidad y las consecuencias de una manera teórica y esperable para la obra. A continuación, se evalúa el entorno de la acción preventiva a partir de las condiciones reales de obra y de los materiales, la ubicación de los trabajadores, cantidad de tiempo que requiere el trabajador para ejecutar una obra, cantidad de medios de seguridad suministrados por la empresa constructora, nivel de participación y aprendizaje en materia de seguridad y salud que habla el trabajador y nivel de satisfacción respecto al estado emocional y estrés del trabajador. A continuación, se deben trasladar los resultados, para lo que se requiere evaluar el entorno de la acción comunicativa respecto a variables lingüísticas de reconocimiento del entorno cercano del trabajador, del posible movimiento que llevará el trabajador y de los comentarios del trabajador en materia de seguridad y salud en obras de construcción.

Para la implementación completa de la metodología del Nacp es necesario introducir varios tipos de sensores a los trabajadores:

- Sensores de monitorización biométrica para medir el ritmo cardíaco, la temperatura corporal y la sudoración, asociadas a los niveles de estrés del individuo (Xu et al., 2023).
- Sensores de monitorización del entorno físico con la obtención de una nube de puntos reconocible respecto a un sistema tridimensional previamente definido (Tschickardt et al., 2023).
- Sensores de monitorización para georreferenciar al trabajador respecto a un sistema tridimensional previamente definido (Saka et al., 2023).
- Sensores de monitorización del habla para el reconocimiento de las palabras y la semántica, por lo que se establece una conversación (El-Ashry, 2021).

Esta gran cantidad de datos que se obtienen deben ser monitoreados desde una plataforma de gran información (Big Data), en la que los algoritmos deben establecer la semántica más adecuada para que el trabajador considere la mejor toma de decisión, lo cual requiere que toda la información cualitativa se debe gestionar desde la neuro-lingüística (Zohar, 1980).

IV. DISCUSIÓN. ENTORNOS DE EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

Las definiciones actuales del Clima de Seguridad se basan en el resumen de las percepciones unificadas de los empleados sobre sus entornos de trabajo, en aspectos de seguridad, sirviendo como marco de referencia para orientar los comportamientos. Concretamente, a las percepciones compartidas entre los miembros de una organización con respecto a las políticas, procedimientos y prácticas de la organización (Zohar, 1980). Así que, de forma resumida, el Clima de Seguridad es la percepción que tiene el trabajador de la importancia de la seguridad y la salud dentro del centro laboral.

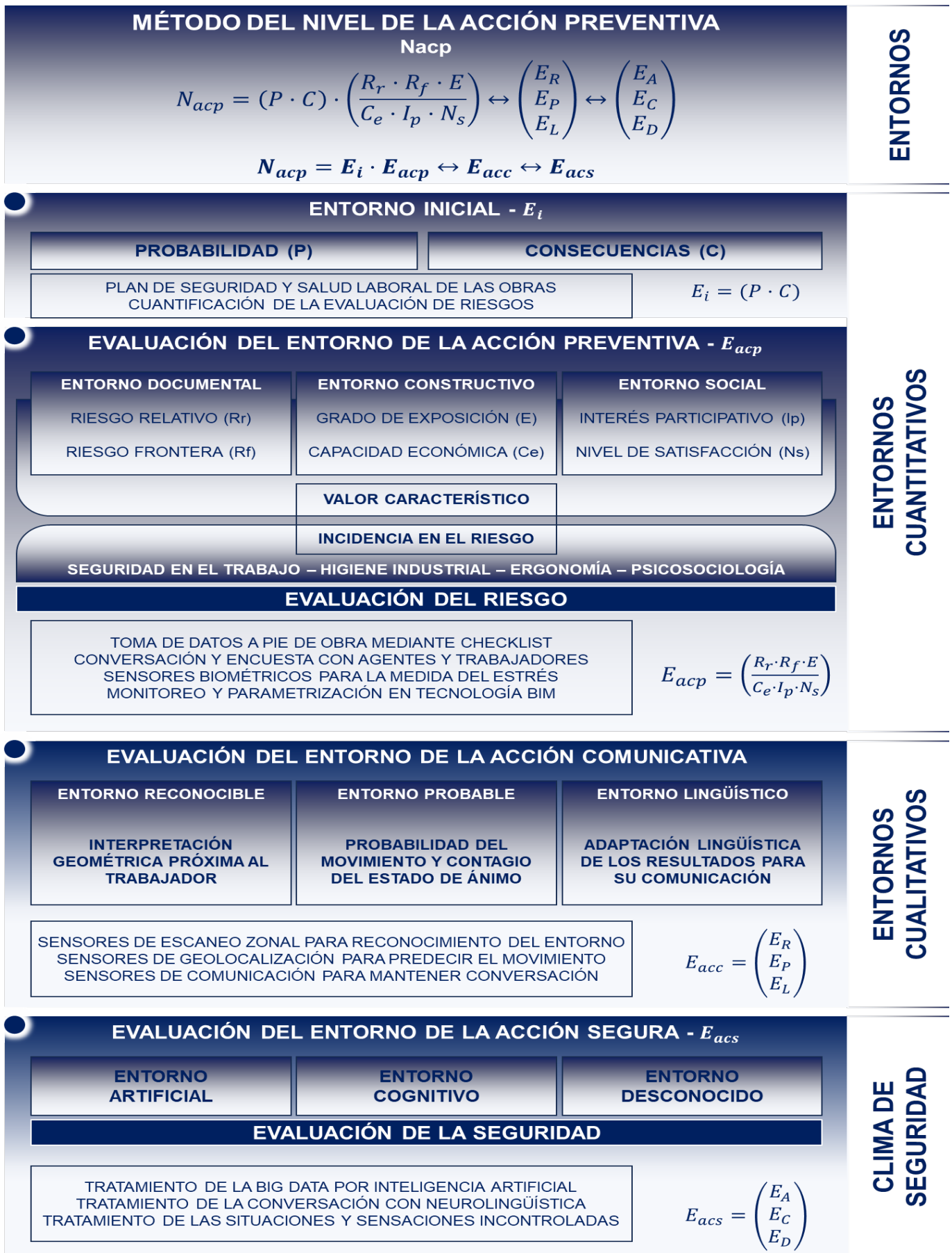
A. Entornos en la evaluación de la Acción Segura

Para poder definir con precisión la evaluación de la seguridad y, por ende, el clima de seguridad es necesario realizar la interpretación de la comunicación de los resultados a partir de los entornos de la evaluación de la seguridad. Para ello se requiere de la interpretación de los datos iniciales marcados en el Plan de Seguridad y Salud Laboral con la probabilidad y las consecuencias, posteriormente, se interpretan los resultados cuantitativos de la acción preventiva en el análisis documental, constructivo y social durante la ejecución de la obra. A partir de los resultados, en la acción comunicativa, se interpretan y adaptan lingüísticamente respecto al reconocimiento del entorno próximo del trabajador, de la probabilidad del movimiento e interacción con otros compañeros y a la conversación en materia de seguridad y salud laboral. Finalmente, a partir de la interacción con el trabajador, se analiza la percepción de la seguridad y salud en la obra respecto al conjunto de resultados cuantitativos, al conjunto de consideraciones cualitativas y al conjunto de circunstancias desconocidas que actúan directamente en la toma de decisión. La expresión matemática del entorno de la acción segura viene dada por la ecuación o matriz de conjunto de acciones (5) y sus parámetros viene definidos en los siguientes subapartados:

$$\begin{aligned} \text{Entorno de Acción Segura} = E_{acs} &= \begin{pmatrix} E_A \\ E_C \\ E_D \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \text{Entorno Artificial} \\ \text{Entorno Cognitivo} \\ \text{Entorno Desconocido} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (5)$$

1) Entorno Artificial, E_A

Para poder analizar toda la información recogida por el inspector respecto a una lista de consideraciones y verificaciones, respecto a las consideraciones técnicas recogidas en un modelo tridimensional, respecto a la apreciación o percepción del inspector en su interacción con el trabajador, respecto a la información monitorizada y parametrizada de los sensores biométricos, sensores de escaneo, sensores de geolocalización y sensores de comunicación, y respecto a la información trasladada a un modelo tridimensional parametrizado y geolocalizado; es necesario trabajar con modelos de inteligencia artificial para que se clasifique y distribuya la información tanto al inspector como al trabajador.



ENTORNOS

ENTORNOS CUANTITATIVOS

ENTORNOS CUALITATIVOS

CLIMA DE SEGURIDAD

Fig. 1. Diagrama de implementación del método Nacp. Elaboración propia.
Anales de Edificación, Vol. 10, Nº2, 58-68 (2024). ISSN: 2444-1309

Este entorno engloba los otros entornos de la acción segura ya que es necesario realizar el tratamiento de toda la información obtenida a partir del entorno cognitivo y del entorno desconocido.

2) Entorno Cognitivo, E_C

La cognición es la facultad de un individuo para procesar información a partir de la percepción, el conocimiento adquirido y las características subjetivas que permiten valorar la información. Este proceso de información se puede entender como pensar, razonar, recordar, imaginar o aprender palabras, frases o contextos. Las funciones cognitivas más importantes son la atención, la orientación, la memoria, las gnosias, las funciones ejecutivas, las praxias, el lenguaje, la cognición social y las habilidades visoespaciales. Todas estas funciones o mecanismos mentales se producen cuando el individuo realiza las acciones de observar, leer, escuchar y mirar; y, a su vez, todo se enmarca en los procesos cognitivos de percepción, atención, pensamiento, memoria, lenguaje. Por lo tanto, es fundamental establecer una conversación con el trabajador para conocer su estado de ánimo y comprender cuál es el nivel de percepción del riesgo y de la seguridad que tiene en base a la información que se le traslada, siguiendo criterios de la neurolingüística. Este entorno engloba los otros entornos de la acción segura ya que es necesario pensar, razonar, recordar, imaginar o aprender toda la información obtenida a partir del entorno artificial y del entorno desconocido.

3) Entorno Desconocido, E_D

En las obras de construcción siempre se producen situaciones desconocidas que pueden implicar riesgos no evaluados y hacer que el nivel de seguridad del trabajador o el clima de seguridad baje. El individuo comienza a sentir una serie de cambios fisiológicos importantes: generalmente, el corazón late con más rapidez y fuerza, los músculos se tensan o tiemblan, la respiración se acelera, entre otros factores fisiológicos. Estos cambios fisiológicos generan una reacción psicológica caracterizada como miedo; y el miedo está muy relacionado con la ansiedad, lo cual puede generar niveles de estrés descontrolados. El miedo a lo desconocido es una respuesta humana básica que protege a las personas desde tiempos de nuestros antepasados, evitando así que actuemos de forma impulsiva y peligrosa, pero como todo temor debe ser controlado para poder funcionar y no ser presa de la ansiedad. Para lo cual, es primordial que en la conversación con el trabajador se tengan en cuenta los factores medidos durante la obra como los factores conocidos por situaciones anteriores de otras obras. Este entorno engloba los otros entornos de la acción segura ya que es necesario recordar y analizar toda la información obtenida a partir del entorno artificial y pensar, razonar, recordar, imaginar o aprender de la conversación inmediata para saber tomar una adecuada decisión respecto al entorno cognitivo.

En la tabla 1 se muestra el diagrama de actuación que se lleva en la metodología del Nivel de la Acción Preventiva. Es un método que se basa en la observación de los entornos preventivos a partir de una toma de datos técnico-profesionales, con una encuesta de carácter psicosocial a los trabajadores y con una monitorización y parametrización de los diferentes

entornos del puesto de trabajo y de la obra, en general, mediante sensores y dispositivos de escaneo, geolocalización y reconocimiento del habla.

V. CONCLUSIONES

La metodología del Lpac está adaptada a las condiciones cambiantes y particulares de la construcción. Los criterios de evaluación pueden ser introducidos en la tecnología BIM. Estos criterios abarcan, en primer lugar, las condiciones particulares de los sistemas constructivos en el aspecto físico y geométrico; y que se corresponden con las características determinadas en los modelos definidos por los programas (Revit de AutoDesk) que facilitan el trabajo colaborativo de BIM. También analizan el posicionamiento del trabajador respecto a las zonas de peligro por caída a diferente nivel y a la frecuencia con la que el trabajador se expone a la situación de peligro. Además, analiza la cantidad de medios preventivos (colectivos e individuales) que se están utilizando durante los trabajos de ejecución de obra, considerando la posibilidad de implementar dispositivos fijos de uso y localización a estos sistemas. Finalmente, la metodología del Lpac considera necesario implementar dispositivos de comunicación y sensores corporales a los trabajadores con el fin de conseguir datos transferibles a las aplicaciones de seguimiento colaborativo de la tecnología BIM para el control de obras. En definitiva, para la implementación en su totalidad de la metodología del Lpac en la tecnología BIM es necesario aplicarla a nivel práctico sobre casos reales con la incorporación de sensores y dispositivos y un desarrollo informático que monitorice y gestione la evaluación de riesgos y el control de la acción preventiva a tiempo real en una obra de construcción

Es fundamental aprender a observar a las personas, atendiendo a sus comportamientos y movimientos por el recinto de obra, desde los distintos entornos del proceso constructivo, en sus puestos de trabajo e identificar actos inseguros o deficientes, ya que la prevención de accidentes y gestión del riesgo es una prioridad social en la industria de la construcción. Es necesario incorporar al conocimiento de la observación preventiva medidas a tiempo real de la geolocalización de los individuos y de los datos fisiológicos para prevenir posibles actos inseguros en zonas predefinidas como peligrosas y que las condiciones de nivel de estrés del trabajador pudieran implicar actos inseguros. El evaluar a tiempo real posibles situaciones inseguras, se debe tratar como base fundamental de una futura investigación sobre casos reales. Dicho tratamiento implica añadir entornos preventivos asociados a la predicción del movimiento, monitorización del nivel de estrés y de la tecnología BIM (Building information modelling).

Es necesario abrir el camino para garantizar la comunicación efectiva de la evaluación de riesgos. Todo el procedimiento de comunicación debe ser enfocado con criterios de neurociencia para conseguir modificar los criterios de los trabajadores y mejorar el clima de seguridad durante la construcción. Con ello, se mejora su percepción preventiva del entorno y mejoran las condiciones de seguridad del trabajo. Los sistemas de inteligencia artificial son un apoyo fundamental que facilitan la comunicación entre máquina-hombre. Además, se añade la

posibilidad del reconocimiento del entorno desconocido mediante sensores de identificación de volumen, de material y de características biométricas. Todo el conocimiento que se transfiere mediante estos sistemas de comunicación basados en la evaluación del riesgo a partir de sensores materiales y humanos, abren las puertas de la Evaluación de la Seguridad.

REFERENCIAS

- Aguilar, A. J., De la Hoz, M. L., Martínez-Aires, M. D. & Ruíz, D. P. (2019). Review of health and safety management based on BIM methodology. *Building & Management*, 3(2), 16-22. <https://doi.org/10.20868/bma.2019.2.3919>
- Albano, S., Oviedo, R. R., Santero, M. S., Sassone, M., & Martín, S. (2018). Neurociencias: de la teoría a la práctica. Experiencia piloto en una pyme rosarina. Vigesimoterceras Jornadas "Investigaciones en la Facultad" de Ciencias Económicas y Estadística. Diciembre de 2018. Instituto de investigaciones y Asistencia Tecnológica en Administración (IIATA), Escuela de Administración. <http://hdl.handle.net/2133/13895>
- Bertozzi, A., Rosado, J., Short, M., Wang, L. (2014) Contagion Shocks in One Dimension. *J Stat Phys* (2015) 158:647–664, DOI 10.1007/s10955-014-1019-6
- BOE-269. (1995). Law 31/1995, of 8 November, on Occupational Risk Prevention. Official State Gazette, 269, 10/11/1995. Spain. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- Carpio, A. J., González, M. N. (2017) Critical analysis of risk assessment methods applied to construction works. *Revista de la Construcción*, 16(1), 104-114. <https://doi.org/10.7764/RDLC.16.1.10>
- Carpio, A.J.; Baptista, J.S.; González, M.N. and Rodrigues, F. (2024) "Chapter 43: Linguistic adaptation for the preventive action control in construction work environments". In: Arezes, P.M., et al. *Occupational and Environmental Safety and Health V. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 492. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38277-2_43
- Carpio, A.J.; González, M.N.; Baptista, J.S. and Rodrigues, F. (2023a) "Geometric interpretation of risk and prevention, by implementation of the "Level of Preventive Action" risk assessment method". *Safety Science*, 167, 106259. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106259>
- Carpio, A.J.; González, M.N.; Baptista, J.S. and Rodrigues, F. (2023b) "Chapter 1: Theoretical Analysis of the Worker's Movement Prediction in Construction Sites and Their Stress Level for the Dangerous Situation Prevention". Arezes, P.M., et al. *Occupational and Environmental Safety and Health IV. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 449. Springer, (2023), Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12547-8_1
- Carpio-de Los Pinos, A. J., & González-García, M. D. L. N. (2020). Development of the protocol of the occupational risk assessment method for construction works: Level of Preventive Action. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 6369. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176369>
- Dong, S., Li, S., Yu, F., & Wang, K. (2023). Risk Assessment of Immersed Tube Tunnel Construction. *Processes*, 11(4), 980. <https://doi.org/10.3390/pr11040980>
- El-Ashry, M. M. (2021). The importance of neuro linguistic programming skills as a communication tool in the workplace. *Journal of Global Scientific Research*, 6(1), 1108-1123. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7479557>
- Engeda, G., Yang, L., Geng, J. & Zhu, J. (2022) Causes of Construction Injuries: a review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(1), 343-353. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1761678>
- Forteza, F. J., Carretero-Gómez, J. M., & Sesé, A. (2022). Organizational factors and specific risks on construction sites. *Journal of Safety Research*, 81, 270-282. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.03.004>
- Gamella, C. (2013). Seguridad basada en conductas mediante liderazgo en seguridad. *Seguridad y Medio Ambiente*, 130, segundo trimestre, 28-32. ISSN 1888-5438.
- INSST (2023), Informe anual de accidentes de trabajo en España 2022. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. NIPO 118-20-087-7. ([enlace web](#)).
- Jin, X., Shen, G. Q., & Ekanayake, E. M. A. C. (2021). Improving construction industrialization practices from a socio-technical system perspective: A Hong Kong case. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17): 9017. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179017>
- Lasa, C.; Álvarez, A. & De las Heras, R. (2017). *Métodos Ágiles. Scrum, Kanban, Lean (Manuales Imprescindibles)*. Anaya Multimedia. Publicación 27 abril 2017. ISBN-10-8441538883.
- López-Araujo, B., Oscá, A., Bardera, P., Uríen, B., Díez Valdés, V., & Rubio, C. (2014). Riesgos psicosociales y accidentabilidad laboral: investigación y propuestas de actuación. *Papeles del Psicólogo*, 35 (2), 138-143. <http://hdl.handle.net/10251/61945>
- Lorent, P. (1989). "Impacto de la proposición de Directiva «obras temporales o móviles» sobre la formación en Seguridad". (Doc. nQ PL/ct/34/90 FR).
- Meng, Q., Tan, S., Li, Z., Chen, B., & Shi, W. (2020). A review of game theory application research in safety management. *IEEE Access*, 8, 107301-107313. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2999963>
- Mesa, S.M.; Ortega, G. & Tatiana, L. (2021). *La Neuroseguridad laboral y el Neuroliderazgo como estrategias eficaces para disminuir la accidentalidad y el ausentismo laboral en Co-lombia*. Universidad Escuela Colombiana de Carreras Intermedias (ECCI). Colombia. Thesis. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1324>
- Mínguez, C. (1993). Organización de la seguridad en el proceso constructivo. *Informes de la Construcción*, 44 (423), 43-53. <https://doi.org/10.3989/ic.1993.v44.i423.1207>
- Minh, T. & Yingbin, F. (2019). Impact of Project Complexity

- on Construction Safety Performance: Moderating Role of Resilient Safety Culture. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(2): 04019103. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001758](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001758)
- Pinto, A. (2014). QRAM a Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets. *Safety Science*, 63, 57-76.
- Pons-Achell, J. F., & Rubio-Pérez, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner® System. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. ISBN: 978-84-09-10609-7. <http://hdl.handle.net/20.500.12251/1064>
- Saka, A. B., Oyedele, L. O., Akanbi, L. A., Ganiyu, S. A., Chan, D. W., & Bello, S. A. (2023). Conversational artificial intelligence in the AEC industry: A review of present status, challenges and opportunities. *Advanced Engineering Informatics*, 55, 101869. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101869>
- Sidani, A., Duarte, J., Baptista, J. S., Vaz, M., Martins, J. P., & Soeiro, A. (2021). BIM-based sensors technologies implemented in the construction site: protocol for a systematic review. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*, 5(1), 25-31. https://doi.org/10.24840/2184-0954_005.001_0003
- Sukwika, T., & Zabhara, A. (2023). Assessment of Security, Health, Safety, and Environmental Sustainability Risk for Toll Road Construction Workers. *International Journal of Innovation in Engineering*, 3(3), 48-59. <https://doi.org/10.59615/ijie.3.3.48>
- Trinh, M. T. & Feng, Y. (2020). Impact of project complexity on construction safety performance: Moderating role of resilient safety culture. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(2), 04019103. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001758](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001758)
- Tschickardt, T., Oerter, N., Glock, C., Kaufmann, F., & Schellen, M. (2023, July). Initiation of data acquisition based on 4D-BIM for lean construction progress control. In *EC3 Conference 2023 (Vol. 4, pp. 0-0)*. European Council on Computing in Construction. <http://www.doi.org/10.35490/EC3.2023.215>
- Xu, Z., Liang, Y., Lu, H., Kong, W., & Wu, G. (2023). An approach for monitoring prefabricated building construction based on feature extraction and point cloud segmentation. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(10), 5302-5332. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2021-0985>
- Zohar, D. (1980). Safety climate in industrial organizations: theoretical and applied implications. *Journal of applied psychology*, 65(1), 96. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0021-9010.65.1.96>



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.