





# *Increase in the identification of risk situations in structural tasks in medium-sized companies using artificial vision in Lima*

Frank Jeff Segovia Torres, Bachelor's Student1  and Jheremin Jhair Huaman Saravia, Bachelor's Student2   
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, [u202016607@upc.edu.pe](mailto:u202016607@upc.edu.pe), [u20191B734@upc.edu.pe](mailto:u20191B734@upc.edu.pe) Asthrid Karem Ulloa  
Roman [pckull@upc.edu.pe](mailto:pckull@upc.edu.pe) 0009-0009-6586-2211

**Abstract**— *Construction companies are responsible for managing safety within their facilities and work shifts. The use of artificial vision (AV) in civil construction has provided project executors with numerous benefits and opportunities, including extensive data collection, sustainable evaluations, and productivity improvements. The shift toward sustainability in construction is increasingly supported by digital technologies. In this context, this article reviews the literature to analyze the influence of AI in civil engineering. According to findings, the publication trend peaked among researchers in 2020. Risk management in construction is crucial for maintaining a safe work environment free from threats that could harm both project progress and worker productivity. However, this aspect often receives insufficient attention, partly due to the reliance on traditional risk identification methods, which can be inefficient or slow. For this reason, this study aims to automate the risk management process by identifying and counting such situations in structural tasks in the city of Lima, emphasizing activities involving height risks or falling objects. The methodology followed includes: (A) data collection and analysis through expert judgment, (B) assessment of the traditional risk identification process across four evaluated projects, (C) development of an automated risk identification process using artificial vision, and (D) implementation of this process. The results demonstrate an increase in risk situation identification and improved evaluation of the causes behind these risks for subsequent mitigation. The main conclusion is that artificial vision technology automates the risk identification process, enabling real-time detection and significantly reducing the time compared to traditional methods.*

**Keywords**— *computer vision, Risk identification, medium- sized companies, structures, construction safety.*

# *Aumento de identificación de situaciones de riesgo en las partidas de estructuras en medianas empresas con el uso de visión artificial en Lima*

Frank Jeff Segovia Torres, Bachelor's Student<sup>1</sup>  and Jheremin Jhair Huaman Saravia, Bachelor's Student<sup>2</sup>   
Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, [u202016607@upc.edu.pe](mailto:u202016607@upc.edu.pe), [u20191B734@upc.edu.pe](mailto:u20191B734@upc.edu.pe) Asthrid Karem Ulloa  
Roman [PCCKULL@upc.edu.pe](mailto:PCCKULL@upc.edu.pe) 0009-0009-6586-2211

**Resumen—** Las empresas constructoras son las responsables de la gestión de la seguridad dentro de sus instalaciones y jornadas de trabajo. El uso de visión artificial (AV) en la construcción civil ha proporcionado a los ejecutores de estos proyectos diversos beneficios y oportunidades, insertando gran recopilación de data, evaluaciones sostenibles y mejora en la productividad. La inclinación de la construcción hacia la sostenibilidad a través del apoyo de tecnologías digitales. En este sentido, este artículo presenta una revisión de la literatura para analizar la influencia de la IA en la ingeniería civil. Según los hallazgos, se reveló que la tendencia de publicaciones logró obtener su mayor alcance por parte de los investigadores en el año 2020. La gestión de riesgos de una construcción es de suma importancia para mantener un buen ambiente laboral libre de amenazas que puedan perjudicar tanto el avance de obra como la productividad de los trabajadores. No obstante, muchas veces no se le da la debida importancia y esto recae también en la continua gestión tradicional de identificación de situaciones de riesgos que puede ser ineficaz o tardío. Por tal motivo, la presente investigación tiene como fin la automatización del proceso de gestión de riesgos en la identificación conteo de situaciones de este tipo en las partidas de estructuras en la ciudad de Lima; enfatizando actividades de riesgo en altura o caída de objetos. En esta investigación, se sigue la siguiente metodología: (A) registro y análisis de información mediante juicio de expertos, (B) determinación del proceso tradicional de identificación de riesgos en los 4 proyectos evaluados, (C) Desarrollo del nuevo proceso automatizado de identificación de riesgos mediante el uso de visión artificial, y (D) la implementación de este proceso. Finalmente, se obtiene como resultado el aumento de identificación de situaciones de riesgo; además, se obtiene una mejor evaluación de las causas que generan las situaciones de riesgo para su posterior mitigación. Se concluye principalmente, que la tecnología de visión artificial permite automatizar el proceso de identificación de situaciones de riesgo, de esta manera no solo identifica en tiempo real el peligro, sino que también se detecta con menor tiempo a comparación del método tradicional.

**claves—**visión artificial, identificación de riesgos, medianas empresas, estructuras, seguridad en la construcción

## I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una de las más peligrosas a nivel mundial debido a la alta incidencia de accidentes laborales [1]. A nivel global, este sector representa aproximadamente el 7% de la fuerza laboral, pero es responsable del 17% de los accidentes laborales mortales. En el Perú, el sector construcción participó en aproximadamente el 6.6% del PBI entre enero y marzo del

2024 [2]. A pesar de su relevancia económica, la industria de la construcción es una de las menos automatizadas y digitalizadas a nivel global [3].

Además, las empresas de construcción invierten aproximadamente entre el 1.8 % a 3.5% de su presupuesto total para acciones referidas a la seguridad y salud en el trabajo [4]. Otras industrias han tratado de adquirir los enfoques de visión artificial (AV) para automatizar tareas en diversos sectores [5]. En los últimos años, ha existido un aumento significativo en el uso de cámaras digitales para adquirir imágenes o videos diarios en los sitios de construcción [6]. A pesar de su potencial, el uso de datos visuales en muchos proyectos de construcción sigue siendo limitado, y la interpretación manual de estos datos de forma oportuna es una práctica habitual [7]. Algunos investigadores están analizando la aplicación de la visión artificial para procesar estos datos visuales, con el fin de extraer la información necesaria que facilite la toma de decisiones en los proyectos de construcción [8]. Por ello, a través de la literatura relacionada con la tecnología de visión artificial para monitorear el comportamiento inseguro de los trabajadores en sitio de construcción se busca identificar las brechas de investigación en este campo para sugerir direcciones futuras y evitar estas carencias. El fin de estos hallazgos de investigación es mejorar la comprensión de los interesados en la construcción sobre como la tecnología de visión artificial puede ser aplicada para supervisar comportamientos inseguros y situaciones de riesgo, en última instancia, contribuir a la mejora de la seguridad en los sitios de construcción [9].

Los proyectos de construcción tienen incluidas a participantes de diferentes especialidades que trabajan juntos, lo cual hace que la cooperación entre ellos se vea reflejada a través de procesos extensos, dispares e interrelacionados. Esta complejidad se ve aumentada por otros factores externos, tales como los aspectos tecnológicos y financieros, los cuales generan riesgos en el proyecto [10]. El texto destaca la responsabilidad de las empresas constructoras en gestionar la seguridad en sus instalaciones y jornadas laborales, y cómo la visión artificial ofrece beneficios en términos de recopilación de datos, evaluaciones sostenibles y aumento de productividad. Se revisa la influencia de la inteligencia artificial en la ingeniería civil, observándose un pico en publicaciones en 2020. Ante la ineficacia de los métodos tradicionales para identificar riesgos—especialmente en actividades de alto riesgo como trabajos en altura o riesgo de caída de objetos—la investigación se centra en automatizar este proceso en proyectos de estructuras en Lima. La metodología incluyó el análisis mediante juicio de expertos, la evaluación de procesos tradicionales en cuatro proyectos, el desarrollo y la implementación de un sistema automatizado basado en visión artificial, resultando en una mayor detección y evaluación de riesgos en tiempo real y en menor tiempo.

El aporte de este proyecto en poder ayudar a disminuir y detectar a tiempo situaciones de riesgo es muy importante y es el objetivo de esta tecnología en la aplicación el diverso campo como lo es la seguridad de los trabajadores. El uso de este indicador permite evaluar la mejora en la eficiencia operativa para de esta manera optimizar y automatizar la identificación de situaciones de riesgo a través de la visión artificial. Si bien generalmente esta inspección suele ser manual con nula automatización, esta implementación no solo busca encontrar mayor cantidad de riesgos durante la construcción, sino también, disminuir el tiempo en los cuales se detectan estos peligros.

## II. METODOLOGÍA

El uso de visión artificial puede ser adaptada a diversos tipos de obra o proyectos sin restricciones puesto que dentro de ella se encuentra el uso de cámaras de seguridad como principal fuente de extracción de datos. Sin embargo, la presente investigación se centra en proyectos de vivienda multifamiliares en medianas empresas pues debido a datos estadísticos investigados, son las que más se ejecutan en Lima.

Para esta investigación, se evaluó los 4 proyectos mostrados en la tabla a continuación (Tabla I). Además, la data que se extrajo de estas cuatro medianas empresas fue la forma en como realizan la gestión de riesgos a través de un flujograma de manera individual de cada empresa.

TABLA I  
RESUMEN DE LOS PROYECTOS

Características	Proyectos Evaluados			
	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4
Tipo de empresa	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana
Tiempo de experiencia como empresa constructora, en el mercado	25 años	19 años	16 años	20 años
Tipo de proyecto	Vivienda Multifamiliar			

También, a través de la Tabla II se puede visualizar la cantidad de profesionales entrevistados involucrados directamente con la propuesta de este artículo de investigación como lo son ingenieros, encargados de seguridad y obreros.

TABLA II  
RESUMEN DE PERSONAL ENCUESTADO

	Personal encuestado en proyectos de construcción	
	Cantidad	Años de experiencia prom.
Ingenieros Civiles entrevistados	5	11
Obreros entrevistados	5	7

Para la implementación del procedimiento para el uso de visión artificial en este estudio, se comienza con la identificación de la problemática y categorización de los riesgos más comunes dentro de proyectos de viviendas multifamiliares en medianas empresas, tales como caídas de objetos y la presencia de trabajadores en áreas no seguras, todo esto a través de encuestas y data de fuentes confiables. Además, se busca hallar en que partidas son las que ocurren en su mayoría estos problemas, es decir, las partidas en las que el trabajador o personas involucradas en el proyecto se encuentren implicadas en actividades de riesgo. De esta manera se tiene una idea de cómo se puede implementar la propuesta a través de estos casos. También se hallan las razones por las que suceden estos casos de riesgo o factores que conllevan a ello. Luego se elaboran flujogramas a través de información brindada por personal encargado de la gestión de riesgos, estos fueron elaborados a partir de entrevistas en sus zonas de trabajo. De esta manera se pudo saber el proceso por el cual se rigen estas empresas para el cumplimiento esta gestión, con esto se hace un análisis de resultados entre estas empresas hallando que sus procesos son parecidos, pero para todos los casos sigue siendo el método tradicional, es decir, sin usar tecnología y realizando inspecciones de forma presencial en las diferentes áreas de trabajo.

Para iniciar. Es importante señalar que se debe tener la información de los trabajos en los que se tiene más riesgo de accidentes o de igual manera, estos ocurren. Se obtiene esta información mediante la investigación de fuentes confiables como lo es el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) como se muestra en la Fig. 1.

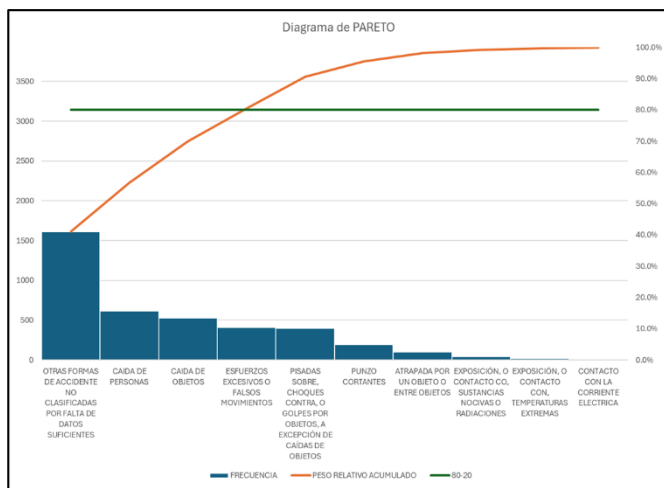


Fig.1 Diagrama de Pareto de Notificaciones de accidentes de trabajo en la construcción (Julio 2023 a Julio 2024)

Teniendo los casos de las actividades en las que ocurren más accidentes en el rubro de la construcción, se analiza los factores desencadenantes de estos. Posteriormente, se evalúa el proceso en las que el personal encargado de seguridad realiza la gestión de la seguridad y se realiza un nuevo flujograma con el cuál se integra la gestión de riesgos de manera automatizada. El desarrollo de este procedimiento incluye la implementación de visión artificial para su ejecución. Asimismo, se evaluó cuál de los softwares de visión artificial de podría usar para este procedimiento, a

través de una evaluación multicriterio se determinó que el software más óptimo para ello fue YOLO v5 por diversos criterios como lo son la precisión, la velocidad, el costo, entre otros. Este software permite automatizar la gestión de riesgos a través de su integración en cámaras de seguridad.

A continuación, se realiza una recolección de datos visuales en el sitio de obra, que incluyó la captura de imágenes y videos de situaciones que representan estos riesgos en escenarios en tiempo real. El software YOLO v5 es empleado en este proyecto para aumentar la cantidad de identificación de situaciones de riesgo dentro del área de trabajo que por labor del encargado y su formato tradicional no podrían identificar. Posteriormente, el modelo YOLO v5 se entrena utilizando el dataset etiquetado. En esta etapa, se ajustan los parámetros del modelo para maximizar la precisión en la identificación de riesgos en diferentes escenarios. Tras el entrenamiento, se realiza una validación en entornos controlados para evaluar la efectividad del modelo. Este proceso incluye pruebas bajo distintas condiciones desde diversos ángulos de cámara. Finalmente, los resultados obtenidos por el modelo se comparan con las detecciones realizadas manualmente para medir la precisión y evaluar la tasa de falsos positivos y negativos. Se emplearon varias herramientas. El software YOLO v5 se utilizó para la detección y clasificación en tiempo real de situaciones de riesgo en entornos de construcción, debido a su capacidad para realizar análisis de imágenes. Como soporte de hardware, se emplean cámaras de seguridad usando los que se encuentran en obra o implementar alguna dependiendo del avance de la obra que permita una visión sin interrupción. Las capturas realizadas en tiempo real deben garantizar una resolución necesaria para la aplicación del modelo. Adicionalmente, se usa una computadora con una unidad de procesamiento gráfico (GPU) moderada, optimizada para el procesamiento intensivo que requiere el análisis de YOLO en tiempo real. Para el desarrollo y entrenamiento del modelo, se utiliza un entorno de programación en Python compatible, como Jupyter Notebook o Google Colab. Finalmente se implementa este nuevo procedimiento de gestión de riesgos en cuanto a identificación de situaciones de riesgo en el proyecto 4 de la Tabla II mediante una simulación del uso de este software de la mano con el encargado de seguridad de obra. En este sentido, al realizar la comparación del método tradicional de detección de situaciones de riesgos con el implementado con el software de visión artificial para estas identificaciones, se consigue automatizar este proceso consiguiendo un aumento de detección de situaciones de riesgo el mismo que por el método tradicional se lograba detectar en menor medida.

### III. RESULTADOS

#### A. Registro y análisis de la información

Para comenzar, se lleva a cabo una entrevista dirigida al personal responsable del área de seguridad en las empresas clasificadas como medianas, que participan en proyectos de construcción de viviendas multifamiliares. El propósito principal de esta entrevista es comprender y analizar el procedimiento que estas empresas implementan para gestionar y detectar los riesgos laborales inherentes a sus actividades. A

través de esta investigación, se obtiene como hallazgo principal que la identificación de riesgos se realiza exclusivamente de manera presencial. En otras palabras, el proceso consiste en que los responsables de seguridad se desplacen directamente al sitio de trabajo para supervisar y detectar posibles situaciones de peligro.

De la fig.1, se obtiene que las accidentes que más ocurren en el rubro de la construcción son los relacionados a caída de personal y caída de objetos. Además, según las encuestas realizadas en campo se obtiene que, en mayoría, según experiencia de los entrevistados en la Tabla II, la etapa de ejecución de proyectos en las que los trabajadores involucrados tienen más riesgo a accidentes son en las partidas de estructuras. Esto se muestra en las siguientes Fig. 2, y Fig. 3, las cuales se obtuvieron a partir de la siguiente pregunta ¿En qué etapa de la ejecución del proyecto considera usted que los trabajadores involucrados tienen más riesgo de accidentes?

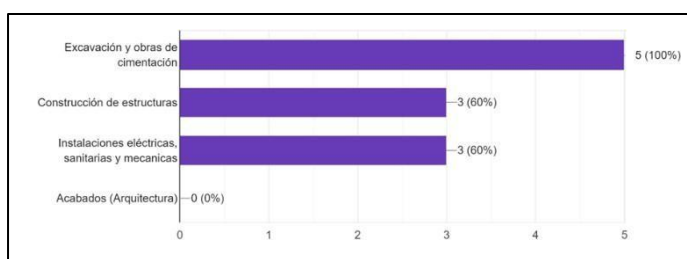


Fig. 2. Encuesta realizada a obreros para identificación de partidas de riesgo.

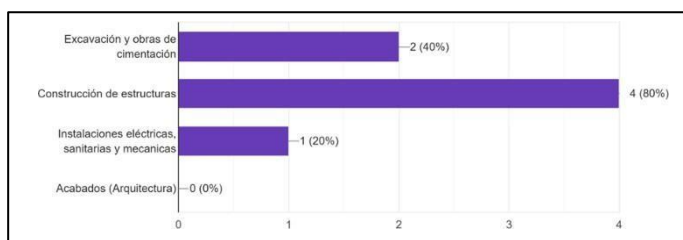


Fig. 3. Encuesta realizada a ingenieros para identificación de partidas de riesgo.

Además, a través de estas encuestas se trata de identificar las razones por las cuales suceden este tipo de accidentes para poder tener una idea de donde inicia generalmente todo este problema. A través de la pregunta: ¿Cuáles son las principales causas que considera usted para el deficiente monitoreo de riesgos en el área de trabajo en las partidas de estructuras? se obtuvo las siguientes respuestas.

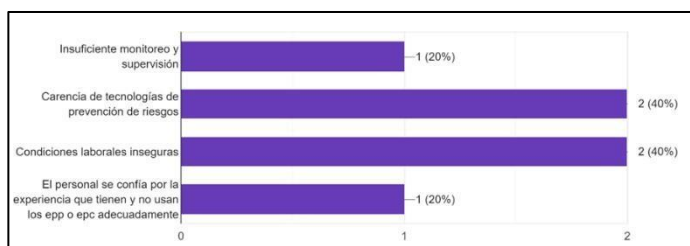


Fig. 4. Encuesta realizada a obreros para identificación de causas de accidentes dentro de su área de trabajo.

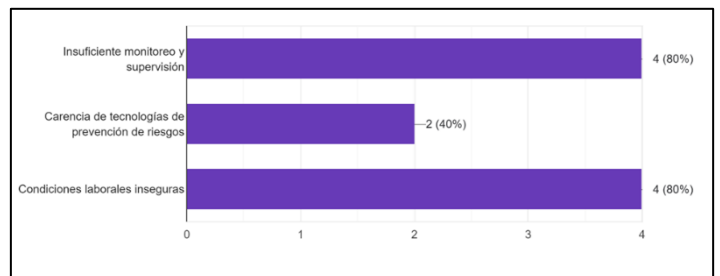


Fig. 5. Encuesta realizada a ingenieros para identificación de causas de accidentes dentro de su área de trabajo.

De esta manera se obtiene un panorama de los motivos que generan una posible causa de accidentes como también las partidas en las que se ven envueltas.

### B. Delimitación del proceso tradicional

A través de la información obtenida de las encuestas a profesionales encargados de seguridad y visita presencial a obra de los proyectos de la Tabla I, se obtiene como resultado que este proceso para la identificación de riesgos es completamente presencial, es decir, el personal SSOMA o en su defecto, monitores, se deben dirigir al área donde encuentren potenciales riesgos a mitigar de manera presencial y de esta manera mantenerse en esas áreas de trabajo de manera en la que puedan identificar algún riesgo o accidente. Entre los involucrados para la gestión de riesgos se encuentra el contratista (CTA), el jefe de seguridad (JSG), el asistente de prevenciones (APV) y los monitores (MTR).

El proyecto comienza con la delegación de un jefe de seguridad (JSG) y un asistente de prevenciones (APV), quienes serán los responsables de la gestión de los riesgos durante el proyecto. El jefe de seguridad lleva a cabo un análisis de riesgos en función de la etapa actual de la construcción. Se evalúa el programa de capacitación para que los trabajadores estén al tanto de los peligros y riesgos específicos. Luego, se coordinan las actividades preventivas dentro del proyecto, asegurando que los trabajadores estén bien informados y capacitados. El equipo procede a identificar la dificultad de supervisión en función de la etapa del proyecto, ajustando el nivel de supervisión necesario para garantizar la seguridad. Para el monitoreo y supervisión, se dividen los monitores en diversas áreas del proyecto para llevar a cabo la supervisión continua. Se implementan mecanismos de control que incluyen la charla diaria de 5 minutos con el personal de obra. Se evalúa si el monitoreo es eficaz en las áreas designadas. En caso de no serlo, se ajustan las áreas de monitoreo. Si es eficaz, se continúa con el proceso de monitoreo, garantizando comunicación constante con los operadores de maquinaria. El diagrama de flujo que se muestra en la Fig. 6 demuestra el proceso tradicional.

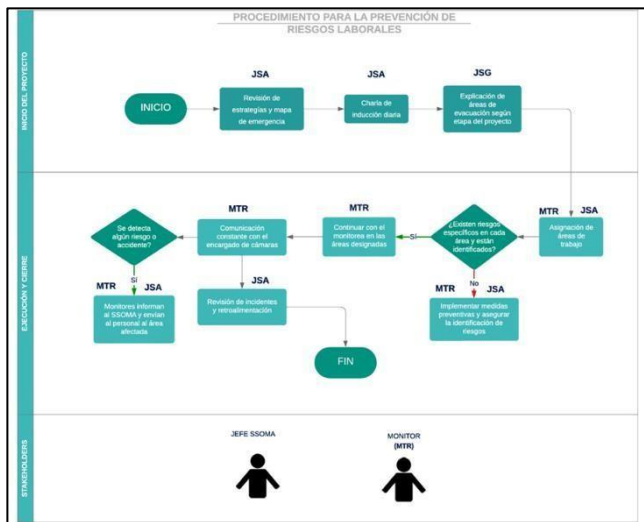


Fig. 6. Diagrama de flujo del proceso tradicional para la gestión de riesgos

En base al flujograma previo mostrado se determina la nula utilización de tecnologías para la gestión de riesgos además de la utilización de monitores para la ejecución de la supervisión. En el caso de esta evaluación, por encontrarse en un área de trabajo de 160 m<sup>2</sup> se evaluó no utilizar monitores por lo que la totalidad de la supervisión era encargada al personal SSOMA. A través de este método para la identificación de situaciones de riesgo en un lapso de tiempo de 3 horas se consideró un diagnóstico de riesgos de 4 situaciones. Estos riesgos fueron identificados a criterio del personal SSOMA y a disponibilidad del mismo en el área donde estos se detectaban.

TABLA III

	Proyectos Evaluados
Características	Proyecto 4
Tipo de empresa	Mediana
Tiempo de experiencia como empresa constructora, en el mercado	20
Tipo de proyecto	Vivienda Multifamiliar

Se trabajó en base a esta empresa para la toma de información y data. Se realizan entrevistas a profesionales y a los principales partícipes evaluados, teniendo como objetivo principal la problemática ya mencionada anteriormente en la introducción. Además, se busca reconocer la actividad en la que se identifica más incidentes; así poder implementar la propuesta posterior a la delimitación.

### C. Implementación de la propuesta

La propuesta se implementa en el proyecto 4 debido a la falta de personal para la monitorización del proyecto, es decir, solo se encontraba el personal SSOMA para la supervisión de toda la construcción debido al área de trabajo. Para realizar este procedimiento de gestión de riesgos se evalúa una base de datos de imágenes y videos, estos son capturados en obras de construcción que presenten situaciones de riesgo, tales como trabajadores establecidos en áreas peligrosas o dentro de caída de objetos. Además, se incluyen imágenes de obtenidas a través de Google imágenes para que el software tenga una mejor base de datos de lo que se desea detectar. Este material se usa para entrenamiento del modelo y su posterior evaluación en escenarios de construcción. Se utiliza el dataset de entrenamiento compuesto por imágenes etiquetadas que incluyen elementos y situaciones de riesgos específicos. Esto permite a YOLO v5 aprender a identificar escenarios críticos. Todo esto se realiza luego de haber identificado las necesidades del proyecto y los implementos y características que estas tendrán dentro de obra.

Seguidamente se muestra la simulación del procedimiento de implementación de la propuesta el cual fue aplicado al proyecto 4.

#### Paso 1. Identificación de necesidades del proyecto

En esta fase inicial, el personal SSOMA analiza las características del proyecto con respecto a ámbitos de seguridad para la creación del dataset (conjunto de datos) de los implementos que se usarán en el área de trabajo y características de estos como marca, color, forma, etc. Se hace una recolección organizada de muchas imágenes que posean las cualidades de los objetos o elementos previstos por el personal SSOMA. Todo esto se realiza para el entrenamiento de los modelos en el software, es decir, para que el software pueda reconocer estos objetos de forma automatizada. A mayor conjunto de imágenes dentro del dataset, mayor precisión tendrá la detección de elementos.

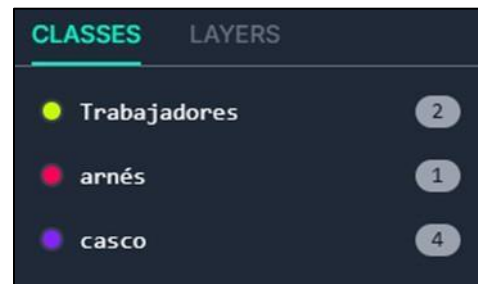


Fig. 7. Etiqueta de elementos



Fig. 8. Entrenamiento del modelo con imágenes de campo

Con el conjunto de datos determinados se procede a entrenar el modelo y evaluar la precisión con la que detecta los elementos así como las área de riesgo dentro del proyecto. Se entiende que para cada cámara de seguridad de tiene un área delimitada de riesgo a caída diferente por lo que estos datos son indexados independientemente.

### Paso 2. Evaluación del modelo

En este segundo paso se evalúa la efectividad del modelo a través de la prueba del mismo.

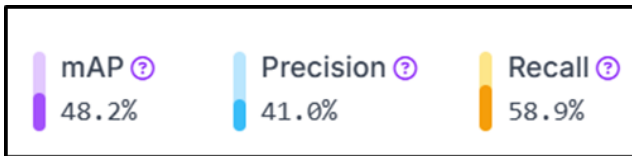


Fig.9. Datos de precisión del modelo

En la imagen se observa 3 aspectos y esto se refiere a lo siguiente:

**maP:** se refiere al promedio de la métrica de precisión (Average Precision)

**Precision:** Se refiere a la medición de con qué frecuencia son correctas las precisiones del modelo

**Recall:** Mide qué porcentaje de etiquetas relevantes fueron identificadas con éxito

Esta evaluación se obtiene luego de entrenar el modelo y estos porcentajes van aumentando conforme se consiga más imágenes para el dataset y se siga entrenando el modelo.

### Paso 3. Verificación de las cámaras presentes en campo

En este paso se verifica el funcionamiento de las cámaras de seguridad, es decir, la ubicación, la nitidez y factores que puedan involucrar un cambio en el objetivo de esta dependiendo de la etapa en la que se encuentra el proyecto. Si es necesario se realiza el cambio de posición de las cámaras. Para el presente proyecto, desde el inicio de la obra las cámaras no fueron movidas desde el. Sin embargo, para las primeras etapas del proyecto se pudo observar una visión panorámica donde se encontraban todos los trabajadores. Conforme se continuó con el avance del proyecto, la ubicación de las cámaras fue menos estratégicas, pero por motivos de la misma empresa, las cámaras no pudieron ser cambiadas de posición. Al tratarse de una simulación, pude integrar una cámara personal ayuda de un trípode de manera en la que se pueda observar a los trabajadores simulando una cámara de seguridad.



Fig. 10. Imagen en campo con simulación de cámara de seguridad

### Paso 4. Implementación del software de visión artificial

En este paso se implementa el software en el dispositivo o dispositivos que se encuentran en contacto o bajo control del personal SSOMA, en este caso, para el proyecto se estuvo usando la aplicación “EZVIZ”, usada únicamente en un dispositivo celular. Se plantea el uso de la aplicación “Iriun webcam” para la integración de visión artificial dentro de un computador o laptop que de la misma manera estaba usando el personal SSOMA.



Fig. 11. Imagen en campo de uso de software

De la misma manera se sugiere implementar también los programas teamviewer o Anydesk para la visualización de este software a través de un dispositivo móvil para su visualización de manera remota.

A partir del entrenamiento del modelo se logró una mejora en la identificación tanto de objetos como de zonas de riesgo. Este software no solo incluyó la identificación de objetos sino también la detección de la no utilización de los mismos como los son los implementos de seguridad, pero principalmente elementos que se relacionen a caídas de objetos o de personal como lo es el arnés.

### Paso 5. Formalización de datos obtenidos

En este paso a través del análisis de identificación de riesgos encontrados por el software de visión artificial junto con el personal SSOMA se inició con la formalización de estos a través del formato (Ver Fig. 10) el cual identifica la cantidad de riesgos que fueron originados en el proyecto y la hora de detección. Para los casos de identificación de riesgos se procuró la intervención inmediata del personal de seguridad SSOMA.

Formato para registro de potenciales riesgos para monitoreo cuantitativo de situaciones de riesgo				
Proyecto:				
Fecha:				
Responsable de monitoreo:				
Riesgos	Descripción	Persona perjudicada	C.E/DNI/PAS/RUC	Hora de registro
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Fig.12. Formato de registro de potenciales riesgos

De esta manera se registra de forma ordenada a los responsables o perjudicados dentro de las situaciones de riesgo originadas. Además, se describe lo que sucedió para que lo detectado se encuentre dentro de una situación de riesgo. A través de esta implementación se obtiene 11 situaciones de riesgo detectadas

#### IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

En relación a los resultados obtenidos en el capítulo III, se puede evidenciar que la partida en la que se sugiere que existe más accidentes es la partida de estructuras. Además, en conformidad con los factores que desenlazan una situación de riesgo o posibles accidentes se encuentran las condiciones laborales inseguras y el insuficiente monitoreo por sobre los otros aspectos, pero también se incluye como punto principal la carencia de tecnologías de prevención de riesgos puesto que es notoria la manera tradicional con la que se realiza esta gestión sin el uso de estas herramientas. Por otro lado, a través del análisis de los flujogramas obtenidos a raíz de las entrevistas realizadas a encargados de seguridad se propone un nuevo flujograma para la implementación del nuevo procedimiento de gestión de riesgos. Este lleva consigo a personal como el Jefe de Obra, personal SSOMA y monitor en caso exista siendo el jefe de obra el encargado de designar a la persona encargada de implementar el sistema de monitoreo. Entonces este procedimiento se implementa en el proyecto 4 con el uso de visión artificial en la monitorización de riesgos en la obra. De igual manera, según los pasos mostrados anteriormente en la implementación de la propuesta, se obtiene que se identifican riesgos se relacionan con las caídas de objetos y caídas desde altura de personal de manera automatizada.

#### V. VALIDACIÓN

A continuación de haber implementado la propuesta de procedimiento para la integración de tecnología de visión artificial para la detección de situaciones de riesgo, en donde, se tomó en cuenta aspectos relacionados a los problemas principales dentro de las partidas de estructuras en el proyecto evaluado (Proyecto 4), se logra como resultado un aumento en la detección de situaciones de riesgo en lapsos de tiempo iguales a los evaluados de manera tradicional por el personal SSOMA.

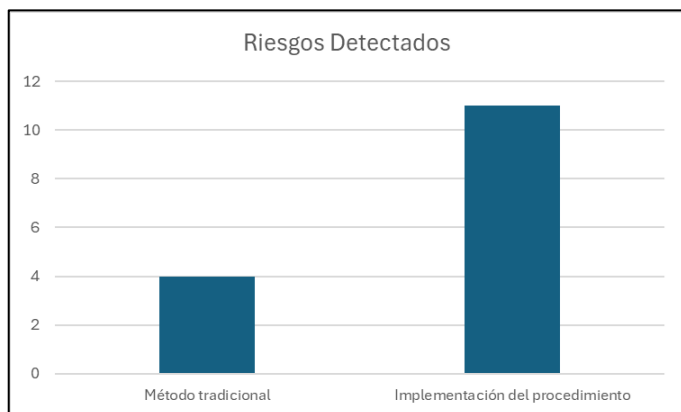


Fig. 13. Comparación de datos obtenidos por el método tradicional y luego de la implementación del procedimiento

#### VI. CONCLUSIÓN

El procedimiento desarrollado tiene como objetivo principal optimizar la identificación de situaciones de riesgo

laboral mediante un enfoque cuantitativo, basado en la automatización de la gestión de riesgos a través del uso de tecnologías de visión artificial, en colaboración directa con el personal encargado del área de seguridad. Esta integración tecnológica no busca reemplazar, sino potenciar las capacidades humanas, haciendo que el proceso sea más eficiente y menos dependiente de la subjetividad o experiencia individual de los supervisores. Los resultados obtenidos en este estudio muestran una mejora en la capacidad de detección de situaciones de riesgo durante un periodo determinado dentro de la jornada laboral. Con el método tradicional, que se apoya únicamente en la observación presencial y el criterio del personal de seguridad, se lograron identificar 4 situaciones de riesgo. Sin embargo, tras implementar el procedimiento propuesto, basado en visión artificial, se alcanzó una notable mejora, logrando detectar 11 situaciones de riesgo en el mismo intervalo de tiempo. Esto representa un incremento aproximado del 64% en la capacidad de identificación, lo que evidencia la efectividad de la propuesta en términos cuantitativos.

#### REFERENCES

- [1] Nadhim, E. A., Hon, C., Xia, B., Stewart, I., & Fang, D. (2016). Falls from height in the construction industry: A critical review of the scientific literature. *International journal of environmental research and public health*, 13(7), 638.
- [2] Guerrero, N. (2024, 16 abril). Construcción habría crecido 6,6% en el primer trimestre. Instituto Peruano de Economía. <https://www.ipe.org.pe/portal/construccion-habria-crecido-66-en-el-primer-trimestre/>
- [3] Estadísticas Accidentes de Trabajo. (s/f). Gob.pe. Recuperado el 7 de noviembre de 2024, de <https://www2.trabajo.gob.pe/estadisticas/estadisticas-accidentes-de-trabajo/>
- [4] Yang, K., Kim, K., & Go, S. (2021). Towards effective safety cost budgeting for apartment construction: A case study of occupational safety and health expenses in South Korea. *Sustainability*, 13(3), 1335.
- [5] Haffner, O., Kučera, E., & Rosinová, D. (2024). Applications of Machine Learning and Computer Vision in Industry 4.0. *Applied Sciences*, 14(6), 2431.
- [6] Xue, J., Hou, X., & Zeng, Y. (2021). Review of image-based 3D reconstruction of building for automated construction progress monitoring. *Applied Sciences*, 11(17), 7840.
- [7] Nadhim, E. A., Hon, C., Xia, B., Stewart, I., & Fang, D. (2016). Falls from height in the construction industry: A critical review of the scientific literature. *International journal of environmental research and public health*, 13(7), 638.
- [8] Jiang, Z., & Messner, J. I. (2023). Computer Vision Applications In Construction And Asset Management Phases: A Literature Review. *Journal of Information Technology in Construction*, 28.
- [9] Noguera, F. F. V., Endara, O. W. R., & Moreira, J. A. T. (2022). Implementar el Uso de la Inteligencia Artificial para Detectar el Comportamiento del Trabajador en la Prevención de Accidentes Laborales en la Empresa.

Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383471>

- [10] Almaskati, D., Kermanshachi, S., Pamidimukkala, A., Loganathan, K., & Yin, Z. (2024). A Review on Construction Safety: Hazards, Mitigation Strategies, and Impacted Sectors. *Buildings*, 14(2), 526. <https://doi.org/10.3390/buildings14020526>