

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS REACCIONES DE LOS  
TRABAJADORES DE CONSTRUCCIÓN DURANTE Y DESPUÉS  
DEL MONITOREO DE LOCALIZACIÓN EN TIEMPO DE REAL  
USANDO TECNOLOGÍA BLUETOOTH LOW ENERGY (BLE)**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Blas Paolo Contreras Quesquen

Joseluis Alberto Contreras Talledo

**ASESOR:**

PhD. Danny Eduardo Murguía Sánchez

**CO-ASESOR:**

Mg. Alonso Urbina Sánchez

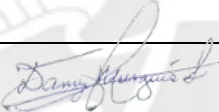
Lima, septiembre, 2025

## Informe de Similitud

Yo, Danny Eduardo Murguía Sánchez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS REACCIONES DE LOS TRABAJADORES DE CONSTRUCCIÓN DURANTE Y DESPUÉS DEL MONITOREO DE LOCALIZACIÓN EN TIEMPO DE REAL USANDO TECNOLOGÍA BLUETOOTH LOW ENERGY (BLE)”, de los autores Blas Contreras Quesquen y Joseluis Contreras Talledo, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 09/09/2025
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 09 de septiembre del 2025.

Apellidos y nombres del asesor: <u>Murguía Sánchez, Danny Eduardo</u>	
DNI: 42283195	Firma 
ORCID: 0000-0003-1009-4058	



## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser el inspirador y darnos las fuerzas necesarias.

A nuestros padres y hermanos, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años.

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al **PhD. Danny Murguía** junto con el **Alonso Urbina**, asesores de nuestro proyecto de investigación, quienes nos han guiado con su paciencia, y su rectitud como docentes.

A la empresa colaboradora **JCMP CONTRATISTAS S.A.C.** por haber brindado toda la información necesaria de su proyecto y a sus trabajadores por su valioso aporte para nuestra investigación.

Gracias a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

## **Resumen Ejecutivo**

El estudio " Análisis Comparativo de las Reacciones de los Trabajadores de Construcción durante y después del Monitoreo de Localización en Tiempo Real usando Tecnología Bluetooth de Baja Energía (BLE)" investiga los efectos de la localización en tiempo real en los trabajadores de la construcción. La tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) se utiliza para rastrear la localización de los trabajadores en la obra. El estudio evalúa las opiniones y respuestas de los trabajadores a esta tecnología antes, durante y después de su adopción, haciendo hincapié en la privacidad, la eficiencia laboral y el bienestar emocional. Durante el periodo de seguimiento, los trabajadores mostraron diversas actitudes, desde ansiedad por la invasión de la privacidad hasta aprecio por los beneficios en términos de seguridad y cooperación. Sin embargo, el estudio posterior a la implantación descubrió que la tecnología se adaptaba gradualmente y era ampliamente aceptada, sobre todo cuando los trabajadores mejoraban su eficacia en materia de comunicación y cooperación. Este cambio de actitudes indica una evolución en la percepción de la tecnología por parte de los trabajadores a medida que se familiarizan con sus ventajas prácticas. Por último, este estudio presenta una visión detallada de cómo afecta a los trabajadores de la construcción el uso de la tecnología BLE para el seguimiento de la ubicación en tiempo real. Aunque en un principio los trabajadores pueden mostrarse preocupados por la privacidad y la monitorización, los beneficios en términos de seguridad laboral y eficiencia operativa parecen conducir a una aceptación progresiva y una adaptación positiva. Esta investigación aporta ideas útiles para implantar con éxito sistemas de seguimiento en situaciones laborales comparables.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Preguntas de investigación.....	2
1.2.1.	Pregunta general.....	2
1.2.2.	Preguntas específicas. ....	2
1.3.	Objetivos.....	3
1.3.1.	Objetivo general.....	3
1.3.2.	Objetivos específicos .....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1.	Sistemas de monitoreo en la construcción.....	6
2.1.1.	Sistemas Geoespaciales. ....	7
2.1.2.	Global Positioning System (GPS).....	9
2.1.3.	Wireless Local Area (WLAN).....	10
2.2.	Reacción de los trabajadores ante el monitoreo.....	11
2.3.	Riesgos del personal en la construcción .....	13
2.4.	Sistemas de monitoreo en tiempo real ICONS .....	15
III.	METODOLOGÍA.....	18
3.1.	Contextualización .....	18
3.2.	Identificación del sistema ICONS .....	18
3.3.	Diagnóstico situacional de la obra .....	20
3.4.	Presentación del sistema .....	21
3.5.	Instalación del sistema .....	22
3.6.	Monitoreo real en campo .....	23
3.7.	Análisis e interpretación de los resultados.....	25
IV.	ESTUDIO DE CASO .....	27
4.1.	Descripción del proyecto .....	27
4.2.	Planeamiento del monitoreo .....	30
4.3.	Monitoreo en tiempo real.....	36
4.3.1.	Resultados de monitoreo con sistema ICONS .....	39
4.4.	Encuestas realizadas a los trabajadores.....	49
4.4.1.	Formato de la encuesta.....	49
4.4.2.	Resultados de las primeras impresiones de los trabajadores .....	50

4.4.2.1. <i>Percepción de privacidad</i> .....	56
4.4.2.2. <i>Percepción de seguridad</i> .....	57
4.4.2.3. <i>Percepción de utilidad</i> .....	58
4.4.3. Resultados de las impresiones finales de los trabajadores.....	58
4.4.3.1. <i>Percepción de privacidad</i> .....	64
4.4.3.2. <i>Percepción de seguridad</i> .....	65
4.4.3.3. <i>Percepción de utilidad</i> .....	66
4.4.4. Discusión de resultados.....	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	71
5.1. Conclusiones .....	71
5.2. Recomendaciones .....	72
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
VII. ANEXOS .....	76
7.1 Anexo A. Formato de colaboración académica con la empresa .....	76
7.2 Anexo B. Formato de colaboración académica con los trabajadores.....	77
7.3 Anexo C. Formato de entrevista a trabajadores de construcción .....	78
7.4 Anexo D. Formato de encuesta a trabajadores de construcción.....	79
7.5 Anexo E. Formato de carta balance .....	81
7.6 Anexo F. Formato de autorización de uso de datos .....	82
7.7 Anexo G. Análisis estadístico T-Test.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de Ventajas y Desventajas del Monitoreo .....	7
Tabla 2 Principios del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.....	14
Tabla 3 Riesgos emergentes en el sector de la construcción .....	14
Tabla 4 Riesgos emergentes en el sector de la construcción .....	15
Tabla 5 Equipos (hardware) y materiales .....	19
Tabla 6 Características de técnicas de recolección de datos.....	25
Tabla 7 Obras provisionales en obra.....	29
Tabla 8 Resumen de actividades monitoreadas .....	30
Tabla 9 Cronograma de monitoreo para partida de Carpintería .....	36
Tabla 10 Cronograma de monitoreo para partida de Acero.....	37
Tabla 11 Cronograma de monitoreo para partida de Tabiquería .....	37
Tabla 12 Cronograma de monitoreo para partida de Instalaciones eléctricas y sanitaria .....	38
Tabla 13 Cronograma de monitoreo para partida de Tarrajeo .....	38
Tabla 14 Codificación para módems Raspberry Pi usados.....	39
Tabla 15 Codificación para sensores usados .....	39
Tabla 16 Distribución de fechas según posición de módems para partida de Carpintería .....	42
Tabla 17 Distribución de fechas según posición de módems para partida de Acero.....	44
Tabla 18 Distribución de fechas según posición de módems para partida de Tabiquería .....	46
Tabla 19 Distribución de fechas según posición de módems para partida de Inst. Sanitarias, Eléctricas y Tarrajeo .....	48
Tabla 20 Trabajadores participantes en la primera encuesta .....	50
Tabla 21 Resultados obtenidos de primera encuesta .....	53
Tabla 22 Resultados de precepción de privacidad en primera encuesta .....	57
Tabla 23 Resultados de precepción de seguridad en primera encuesta .....	57
Tabla 24 Resultados de precepción de utilidad en primera encuesta.....	58
Tabla 25 Trabajadores participantes en la segunda encuesta.....	59
Tabla 26 Resultados obtenidos de segunda encuesta.....	61
Tabla 27 Resultados de precepción de privacidad en encuesta final .....	65
Tabla 28 Resultados de precepción de seguridad en encuesta final .....	65
Tabla 29 Resultados de precepción de utilidad en encuesta final.....	66
Tabla 30 Comparación de Valores de Encuesta con Respecto a la Privacidad .....	67
Tabla 31 Comparación de Valores de Encuesta con Respecto a la Seguridad .....	68

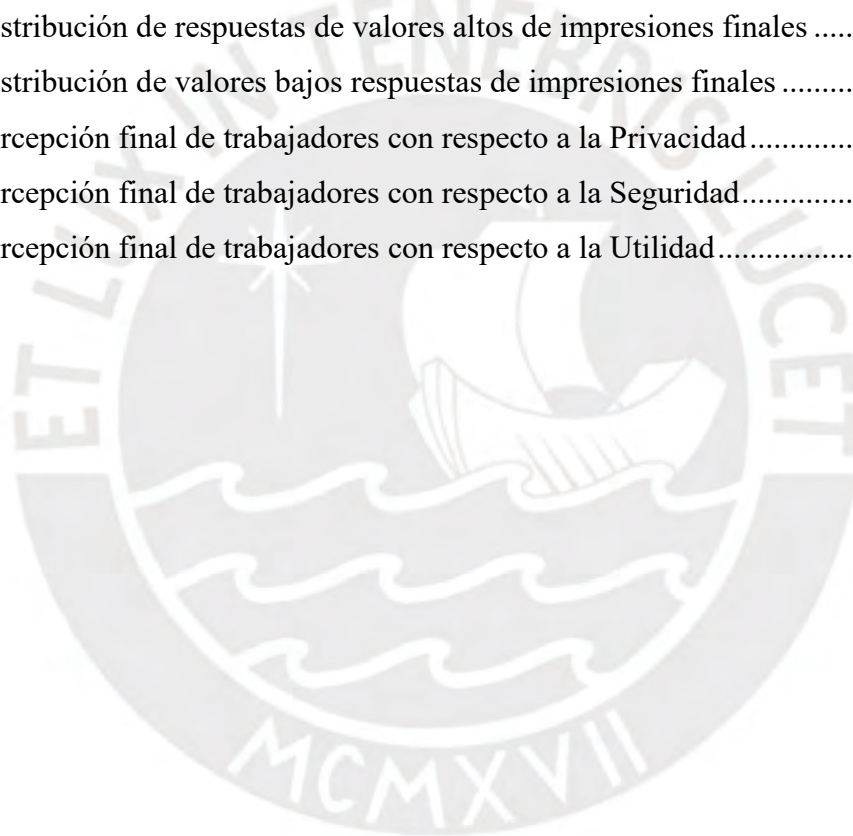
Tabla 32 Comparación de Valores de Encuesta con Respecto a la Utilidad .....69



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación del uso del Sistema Geoespacial en la construcción.....	8
Figura 2. Monitoreo por GPS a trabajadores .....	9
Figura 3. Ejemplo de Monitoreo con WLAN .....	11
Figura 4. Gráfico de Factores de Evaluación de Trabajadores Monitoreados .....	12
Figura 5. Contextualización de la propuesta.....	18
Figura 6. Identificación del sistema ICONS .....	19
Figura 7. Equipos y materiales.....	20
Figura 8. Presentación del sistema.....	21
Figura 9. Presentación del sistema a Ingeniero Residente .....	21
Figura 10. Instalación del sistema.....	22
Figura 11. Uso de sensor.....	23
Figura 12. Monitoreo real en campo.....	24
Figura 13. Análisis e interpretación de los resultados .....	25
Figura 14. Formato de recolección de data de encuestas.....	26
Figura 15. Situación inicial de Edificio Hills Camacho .....	27
Figura 16. Sectorización de encofrado para piso típico .....	28
Figura 17. Sectorización de acero para piso típico .....	28
Figura 18. Sectorización de acero para piso típico .....	31
Figura 19. Zona con baja densidad de obstáculos.....	31
Figura 20. Zona con densidad media de obstáculos .....	32
Figura 21. Zona con alta densidad de obstáculos .....	32
Figura 22. Caja de protección para equipo de monitoreo .....	33
Figura 23. Ubicaciones de las cajas de madera con equipo de monitoreo.....	33
Figura 24. Colocación de sensor detrás del casco.....	34
Figura 25. Uso de brazaletes durante monitoreo .....	35
Figura 26. Resumen de cronograma de planeamiento .....	35
Figura 27. Distribución de módems para partida de Carpintería .....	41
Figura 28. Distribución de módems para partida de Acero .....	43
Figura 29. Distribución de módems para partida de Tabiquería.....	45
Figura 30. Distribución de módems para partida de Inst. Sanitarias, Eléctricas y Tarrajeo ....	47
Figura 31. Estructura de sección B de encuesta.....	49

Figura 32. Distribución de trabajadores según edad en la primera encuesta .....	51
Figura 33. Distribución de trabajadores según experiencia en la primera encuesta .....	52
Figura 34. Distribución de trabajadores según categoría en la primera encuesta .....	52
Figura 35. Distribución de respuestas de primeras impresiones.....	55
Figura 36. Distribución de respuestas de valores altos de primeras impresiones.....	55
Figura 37. Distribución de valores bajos respuestas de primeras impresiones.....	55
Figura 38. Distribución de trabajadores según edad en la segunda encuesta .....	59
Figura 39. Distribución de trabajadores según años de experiencia en la segunda encuesta ..	60
Figura 40. Distribución de trabajadores según categoría en la segunda encuesta .....	60
Figura 41. Distribución de respuestas de impresiones finales .....	63
Figura 42. Distribución de respuestas de valores altos de impresiones finales .....	63
Figura 43. Distribución de valores bajos respuestas de impresiones finales .....	63
Figura 44. Percepción final de trabajadores con respecto a la Privacidad.....	68
Figura 45. Percepción final de trabajadores con respecto a la Seguridad.....	69
Figura 46. Percepción final de trabajadores con respecto a la Utilidad.....	70



## I. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se profundizará en el tema principal de la investigación, así como en los problemas clave que la motivaron. Se definirán cuidadosamente los objetivos de este estudio, detallando las metas concretas que se pretenden alcanzar. Además, se desarrollarán hipótesis sólidas para guiar la exploración y el análisis de los datos, proporcionando un marco teórico para el crecimiento de este estudio.

### 1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, la industria de la construcción presenta problemas estructurales como la fragmentación del diseño y construcción, bajos niveles de innovación, adopción tecnológica y una fuerte resistencia al cambio. Esto ha producido que los niveles de productividad del sector construcción se hayan mantenido constantes durante las últimas décadas, a pesar del crecimiento de la productividad de otros sectores como la manufactura, o del aumento de los montos de inversión en proyectos desarrollados. El incremento de la productividad empieza por realizar mediciones continuas y consistentes de las actividades críticas durante la construcción. Es común realizar la medición de productividad mediante visitas a campo para la captura manual de datos usando herramientas tales como “Cartas Balance” o medición del progreso, por lo que, esta información sirve para retroalimentar el proceso productivo e introducir mejoras. Sin embargo, la captura manual de datos requiere recursos humanos permanentes y, comúnmente, está propenso al error.

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) brindan oportunidades para realizar la recolección de datos de manera automatizada o semiautomatizada. Según Kim & Han (2018), las investigaciones relacionadas a los sistemas de localización en tiempo real han evidenciado una ventaja positiva en la mejora de la productividad en proyectos de construcción. Uno de estos nuevos sistemas corresponde a la tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) denominada ICONS, el cual captura información en tiempo real del posicionamiento de los trabajadores con la intención de analizar su desplazamiento en base a sus actividades programadas (Urbina, 2019). Esto requiere que existan artefactos de monitoreo no obstructivos en el cuerpo o uniforme de los trabajadores que permita la recolección de datos.

En el Perú, los monitoreos en proyectos de construcción se siguen realizando de forma tradicional, mediante visitas intermitentes a los trabajadores que buscan medir los avances realizados y determinar la eficiencia en un proyecto. No obstante, existen algunas pocas empresas constructoras que apuestan por monitoreos que permitan una conexión en tiempo real

con el personal de obra (Optimiza, 2020). Debido a ello, es importante analizar estos sistemas de monitoreo en tiempo real, ya que corresponde a tecnología relativamente nueva que ingresa al sector nacional, con la intención de medir la efectividad de su aplicación en el incremento de la productividad, así como la reacción de los trabajadores ante estos cambios.

Según Shohet et al. (2019), las empresas de construcción emplean entre el 6% al 10% de la fuerza laboral mundial. Asimismo, son estos los que conforman el talento humano que necesita la empresa para poder lograr sus objetivos (Falcón, 2016). Por ello, es necesario analizar su comportamiento ante nuevos estímulos provenientes de sistemas de monitoreos en tiempo real que representen un cambio a lo que comúnmente estos experimentan en los trabajos en obra. Ante dicha problemática, esta investigación busca analizar la reacción de los trabajadores de construcción durante y después del monitoreo de localización con tecnología BLE en un proyecto de construcción.

La importancia de realizar la presente investigación radica en que, la mano de obra corresponde a un factor imprescindible en toda obra de construcción; por ello, es necesario realizar enfoques que puedan mejorar sus rendimientos sin perjudicar sus reacciones, analizando los aspectos de privacidad y seguridad. Cabe añadir que, en aras de la industrialización de la construcción es necesario el desarrollo de sistemas de recolección de información automatizada y en tiempo real, por lo que se debe innovar para proporcionar nuevas técnicas y herramientas que brinden información simplificada, de manera rápida y veraz que asista a los procesos de toma de decisiones. Por ello, la implementación de un sistema automatizado de monitoreo para una posible futura expansión en el mercado nacional genera una metodología capaz de gestionar y analizar la información desde otra perspectiva. Dicho ello, esta iniciativa será de gran apoyo y utilidad para profesionales dedicados a la formulación, elaboración y supervisión de proyectos, centrándose en las partidas incidentes de un proyecto de construcción, ubicado en la provincia de Lima, departamento de Lima.

## **1.2. Preguntas de investigación**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿Cómo reaccionan los trabajadores de construcción durante y después del monitoreo de localización con tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) en obra?

### **1.2.2. Preguntas específicas.**

- ¿Cuál es la situación actual de los trabajadores en obra como línea base previo al monitoreo en tiempo real?

- ¿Cuáles son las reacciones de los trabajadores durante las primeras impresiones y al finalizar el monitoreo en tiempo real con tecnología BLE?
- ¿Cuáles son las percepciones de privacidad, seguridad y utilidad de los trabajadores ante el monitoreo en tiempo real con tecnología BLE?

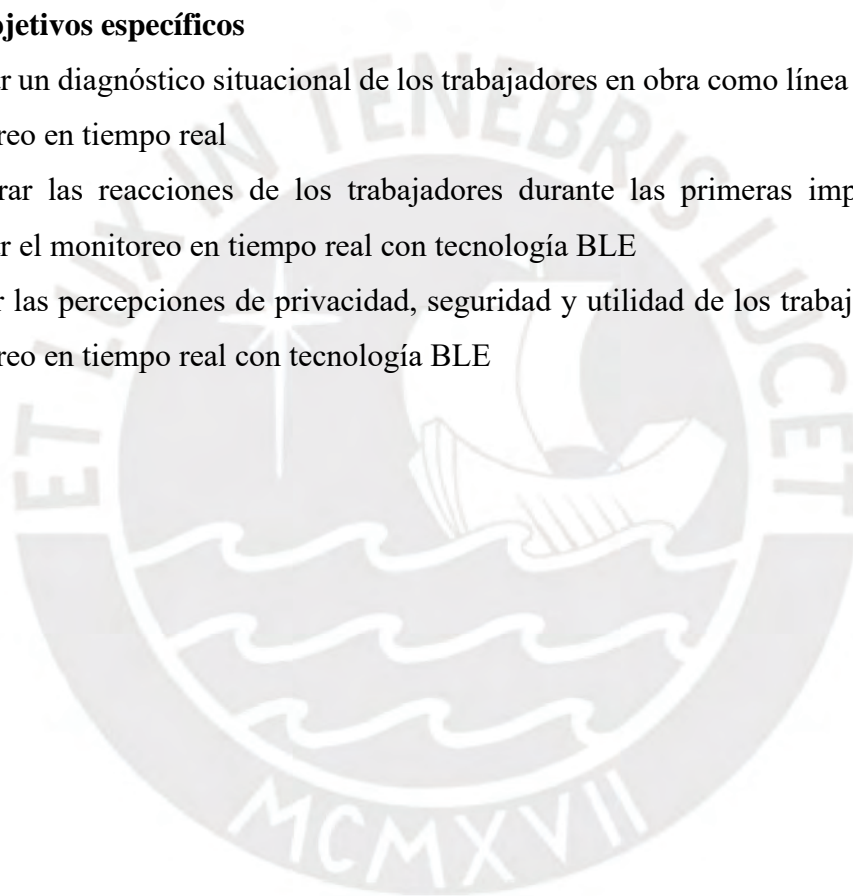
### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Comparar las reacciones de los trabajadores de construcción durante y después del monitoreo de localización con tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) en obra

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico situacional de los trabajadores en obra como línea base previo al monitoreo en tiempo real
- Comparar las reacciones de los trabajadores durante las primeras impresiones y al finalizar el monitoreo en tiempo real con tecnología BLE
- Evaluar las percepciones de privacidad, seguridad y utilidad de los trabajadores ante el monitoreo en tiempo real con tecnología BLE



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se aborda sobre los conceptos básico del monitoreo en la construcción, los tipos de monitorio que existen, así como la presentación de los indicadores exitosos del uso del monitorio a los trabajadores. En primer lugar, conocer en mayor amplitud sobre el monitoreo de trabajadores en labores de construcción para con ello entender acerca del nuevo sistema ICONS que traerá toda esta información recopilatoria y con ello verificar su uso por medio de indicadores de productividad como la carta balance, la planificación de labores, etc.

A continuación, se presentarán las investigaciones tomadas como referencia para definir el desarrollo del tema de tesis. El aporte de estas será de vital importancia para entender los diferentes conceptos a desarrollar en la investigación. Dicho esto, el artículo científico “Calidad De Vida Laboral En Trabajadores De Construcción En Colombia” (Parra et al., 2020) analiza los factores que determinan las condiciones de calidad de vida laboral de los trabajadores de construcción. Mediante la aplicación de un enfoque cualitativo, se trata de explicar cómo estos perciben las decisiones tomadas en un proyecto, la influencia del clima organizacional y como incurre en su satisfacción laboral y motivación. Las encuestas realizadas brindaron como resultados que los trabajadores reaccionan de manera positiva a un clima laboral basado en la recompensa y liderazgo.

Un innovador sistema de visión por ordenador que crea indicadores automáticos del uso de equipos de protección individual (EPI) es fundamental en el sector de la construcción, en particular el uso de cascos de seguridad y chalecos de alta visibilidad es presentado por Massiris et al. (2021) en su artículo “Sistema automatizado para monitorear el uso de equipos de protección personal en la industria de la construcción”. El sistema se basa en un diseño de red neuronal que funciona con fotografías digitales. En primer lugar, la red neuronal OpenPose detecta puntos antropométricos en los trabajadores fotografiados, que luego se segmentan automáticamente en áreas de interés (ROI) en la cabeza y el tronco. Un clasificador neuronal utiliza estas ROI para determinar si las dos PP de interés están presentes o ausentes. Los resultados obtenidos a partir de películas captadas en movimiento por drones o teléfonos móviles revelan que nuestro sistema es completamente capaz de realizar un examen exhaustivo de los signos de uso de estos dos EPI sin ayuda, con el objetivo principal de prevenir sucesos potencialmente perjudiciales en el lugar de trabajo.

La necesidad de explorar y evaluar las dificultades y problemas que plantea la implantación de una cultura de la seguridad industrial en el sector de la construcción fueron el motivo para Rodríguez (2023) en su tesis “Importancia de implementar la seguridad industrial como mecanismo de protección colectivo para empresas del sector de la construcción civil en Colombia en los últimos cinco años” de comprender la importancia de la cultura de la seguridad en el trabajo como mecanismo de protección colectiva de los empleados. Empezamos recopilando datos estadísticos sobre los accidentes y las medidas de seguridad utilizadas en las obras civiles para identificar las barreras y las posibilidades de mejorar las condiciones de trabajo. La correcta aplicación de estos mecanismos de protección colectiva puede resultar difícil debido al nivel de analfabetismo de los trabajadores en los puestos más bajos, hasta que las empresas se comprometan con el bienestar de sus empleados, proporcionándoles los mecanismos necesarios para contrarrestar cualquier situación que les ponga en peligro en el desempeño de sus funciones. Los resultados obtenidos se basan en la inclusión de formación, charlas y actividades para promover el bienestar físico con el fin de fomentar la cultura y el conocimiento del autocuidado entre los trabajadores, reduciendo así los accidentes laborales. Para ofrecer los recursos necesarios, las empresas también deben reconocer la importancia de adherirse a las normas legislativas en materia de seguridad industrial.

Mientras que, en la tesis de postgrado “Monitoreo en tiempo real de la producción en un proyecto de construcción” realizada por Urbina (2019) brinda los alcances de la tecnología de monitoreo a aplicar en nuestra investigación. El sistema de monitoreo en tiempo real basado en la “Intelligent Construction site” (ICONS), el cual será aplicado, busca integrar los datos en tiempo real de las diversas actividades en una obra de construcción con los sistemas de producción. Este sistema consiste en el seguimiento continuo a los trabajadores durante sus actividades laborales y, mediante el tratamiento de información en tiempo real, se obtienen modelos 3D que permiten facilitar la toma de decisiones e incrementar la productividad en un proyecto.

La industria de la construcción actual pretende alcanzar un mayor nivel de industrialización mediante el uso de instrumentos tecnológicos, como herramientas o sistemas de supervisión y debido a ello que Ascarryz & Esquivel (2023) en su tesis “Análisis de la percepción del bienestar y la aceptación de los trabajadores al monitoreo en tiempo real con la tecnología ICONS en obra” quería evaluar la aceptabilidad y la influencia en el bienestar de los trabajadores al emplear los sensores de la tecnología ICONS en una obra de construcción. Por este motivo, se realizaron una entrevista y dos cuestionarios a los trabajadores

monitorizados para conocer sus actitudes hacia el sistema. Entre los principales hallazgos, podemos ver que los resultados positivos en las áreas estudiadas afectaron a la adopción del sistema de monitorización ICONS por parte de los trabajadores. Además, se descubrió que más del 80% de los trabajadores entrevistados indicaron que volverían a participar en el seguimiento, lo que indica que la implantación de sistemas de seguimiento es una idea que la mayoría de ellos acepta; cabe señalar, no obstante, que los trabajadores que se abstuvieron de participar en el seguimiento y los que se negaron a rellenar la encuesta no rechazaron la idea de participar en el siguiente seguimiento. Sin embargo, se demostró que la mayoría de los trabajadores estudiados no sufrieron ningún menoscabo de su bienestar durante el proceso de supervisión. Por último, se descubrió que el número de trabajadores monitorizados que percibieron estrés durante la monitorización fue bajo, lo que indica que esta herramienta tecnológica puede aplicarse sin dar lugar a trabajos estresantes, y no se observaron consecuencias relacionadas con el estrés en los trabajadores monitorizados sobre el terreno.

Los resultados de las dos primeras investigaciones mencionadas nos brindan la importancia de las herramientas de monitorio para confirmar y salvaguardar la seguridad en cualquier actividad realizada por los trabajadores. Así como, las dos últimas investigaciones las reacciones y comportamiento de trabajadores de construcción en el desarrollo de sus actividades mientras se toma en cuenta un monitorio a estos mismos, además aportan una metodología de encuestas en relación a los criterios de influencia de las condiciones laborales en los trabajadores

## **2.1. Sistemas de monitoreo en la construcción**

Los sistemas de supervisión de edificios son instrumentos fundamentales para el seguimiento y la gestión de una amplia gama de actividades durante el proceso de construcción. Estos sistemas, que utilizan tecnología moderna como sensores, dispositivos GPS, drones y software de gestión de datos, permiten supervisar en tiempo real el progreso de los trabajos, el rendimiento de los equipos, las condiciones de la obra y la seguridad de los empleados.

En la actualidad, es común encontrar retrasos por retrabajos y sobrecostos en diferentes obras de construcción. Normalmente, estos problemas son causados tanto por errores como de procesos omitidos en las etapas de planificación. Estas actividades generan que en plena ejecución del proyecto salgan a la luz diferentes situaciones que, en algunas ocasiones, son complicadas de controlar debido a que, al ser un problema dentro de la etapa de construcción, se necesita una solución rápida y eficaz para así no incrementar el tiempo de entrega del

proyecto. Por esta razón es que se necesita un monitoreo y control de cada una de las partidas que se realizan dentro del proyecto (Urbina, 2019).

El proceso de monitoreo consiste en realizar un seguimiento determinado, para finalmente, informar el avance general y así, cumplir con los objetivos del proyecto. La principal función de este proceso es mantener informados a los interesados del staff actual del proyecto, además de prever problemas futuros y la manera de disminuirlos para tener un pronóstico claro en temas de cronograma y costos. Es por esto, que estos procesos de monitoreo se realizan en todas las etapas del proyecto en ejecución.

En proyectos de construcción donde se aplica por primera vez un sistema de monitoreo y control, se puede realizar una comparación entre el desempeño inicial y el desempeño real que se le logra obtener de cada uno de los trabajadores de una o varias partidas. Asimismo, el aplicar un monitoreo constante implica conocer cómo es que el proyecto está avanzando, además de identificar las tareas que requieren una minuciosa atención para no reincidir en el mismo problema.

A fin de brindar una visión integral sobre esta práctica, se presenta a continuación un cuadro que detalla tanto las ventajas como las desventajas asociadas con el monitoreo de los trabajadores en este ámbito.

**Tabla 1**

*Análisis de Ventajas y Desventajas del Monitoreo*

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Reducción de Accidentes	Preocupación por la Privacidad
Aumento de la Productividad	Erosión de la Confianza
Mejora en la Calidad del Trabajo	Desmotivación
Mejora de la Comunicación	Aumento del Estrés
Disminución del Absentismo	Costo de Implementación
Fomentar la Responsabilidad	Dificultades Técnica

*Nota. Elaboración Propia.*

### **2.1.1. Sistemas Geoespaciales.**

Los sistemas de información geoespacial, o por sus siglas en inglés Geospatial Information Systems (GIS) son infraestructuras de información para capturar, almacenar, manejar, analizar, graficar y visualizar datos de diferente tipo asociados a un componente espacial en su aspecto

geográfico (Urbina, 2019). Los GIS funcionan relacionando datos con espacios físicos por medio de claves indizadas. Las localizaciones se extienden al espacio de la Tierra y son representadas por coordenadas de longitud, latitud y elevación, también pueden vincular el espacio y el tiempo de un dato específico.

Olaya (2014) menciona que, Aunque un SIG tiene un aspecto integrador inherente que puede tratarse desde diversas perspectivas, probablemente el elemento más importante en este sentido sea la información que gestiona un SIG y las cualidades de esta información. Conceptualmente, la verdadera piedra angular del carácter integrador de un SIG reside en la información geográfica con la que trabaja, que ofrece la combinación ideal para que un SIG sea un sistema fuerte y cohesionado, dotándole de cualidades propias e interés como herramienta polivalente.

Mazzola (2020) comenta que todos los datos digitales que incluyen información de localización son un SIG. En el sector de los SIG, esta información de localización se denomina "datos espaciales" y puede adoptar la forma de una dirección, coordenadas que proporcionan latitud y longitud o una complicada geometría tridimensional. El hecho es que las herramientas de los SIG pueden realizar una amplia gama de cosas; no obstante, he aquí la respuesta rápida: Un Sistema de Información Geográfica (SIG) nos permite ver los datos recogidos en una base de datos en forma de mapas.



Figura 1. Representación del uso del Sistema Geoespacial en la construcción.

*Nota. Extraído de "Telematica.com".*

### 2.1.2. Global Positioning System (GPS).

Sistema basado en uso de satélites, usado en el sector construcción considerando las variables de posición y navegación de las actividades o recursos. El uso de este sistema es un medio ya conocido para poseer ubicaciones y recorridos en áreas libres logrando una precisión de hasta 0.01m. Por otro lado, en áreas cerradas o muy congestionadas (presencia de edificios, túneles, etc), puede llegar a presentar errores, ya que requiere de una línea de visión clara y puntos de calibración. Al igual que el uso de código de barras, el uso del GPS se ha visto potenciado debido a la masificación de los *smartphones*. El uso de este sistema puede emplearse para rastrear ubicaciones exactas de trabajadores y maquinaria, para poder conocer el desplazamiento de estos dentro de obra.

Pozo et al. (2015) comenta que el sistema GPS trata de calcular la posición de cualquier punto en un espacio de coordenadas (x, y, y z) calculando las distancias entre el lugar y al menos tres ubicaciones de satélite conocidas. La distancia entre el usuario (receptor GPS) y un satélite se calcula multiplicando el tiempo de vuelo de la señal por su velocidad de propagación.

El sistema de seguimiento por GPS es una herramienta de información muy importante para la vigilancia. Según la encuesta realizada por Bashualdo (2017), el 80% de los trabajadores cree que es necesario mejorar el actual proceso de vigilancia, agilizando el proceso de seguimiento de sus puestos y protegiéndolos de cualquier riesgo.



Figura 2. Monitoreo por GPS a trabajadores

*Nota. Elaboración Propia.*

### **2.1.3. Wireless Local Area (WLAN).**

Es de los sistemas de monitoreo más recientes en el mercado. Sin embargo, su uso aun no es muy común en el sector de la construcción, debido a que es una tecnología en expansión en este sector, aunque se espera se pueda hacer cada vez más accesible. Actualmente, los sistemas WLAN existen como parte de la infraestructura de comunicaciones y esta brinda eficiencia en la conectividad y enlaces de alta velocidad. La mayor ventaja de este sistema es que cubre un área grande y, a diferencia del sistema GPS, no se ve perjudicado por problemas visuales. Este sistema puede calcular la posición de un objeto de acuerdo con la intensidad de la señal.

Al tratarse de una red que no requiere cables para conectarse desde un dispositivo, se considera un sistema estable que permite a diversas empresas difundir su información y servicios a diferentes personas. Es decir, siempre que la persona se encuentre dentro del área de la red, podrá acceder a ella a través de su dispositivo móvil u ordenador portátil; esta característica lo hace más relevante en comparación con otros sistemas de monitorización. El uso de este sistema permite una gran movilidad sin perder conectividad y supera a las soluciones por cable. Por ello, el mercado de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha suscita actualmente un gran interés (Ascarruz & Esquivel, 2023).

Las redes WLAN son actualmente una solución técnica muy popular en el negocio de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha. Estos sistemas se distinguen por operar en bandas de frecuencia exentas de licencia, lo que confiere a la tecnología un importante potencial de mercado y la capacidad de competir con otras formas de tecnologías de acceso. Sin embargo, para ello es necesario crear un marco legislativo adecuado que permita un uso eficiente y compartido del espectro radioeléctrico disponible al público (Camargo, 2009).

Entre sus características más destacadas tenemos:

- **Movilidad:** Permite comunicar información a cualquier usuario en tiempo real desde cualquier lugar de la organización o empresa. Esto se traduce en mayores oportunidades de producción y servicio.
- **Facilidad de instalación:** Al no utilizar cables, elimina la necesidad de pasar cables por paredes y techos, lo que aumenta el aspecto y la habitabilidad de los locales al tiempo que acorta el tiempo de instalación. También proporciona un acceso rápido a los usuarios temporales de la red.

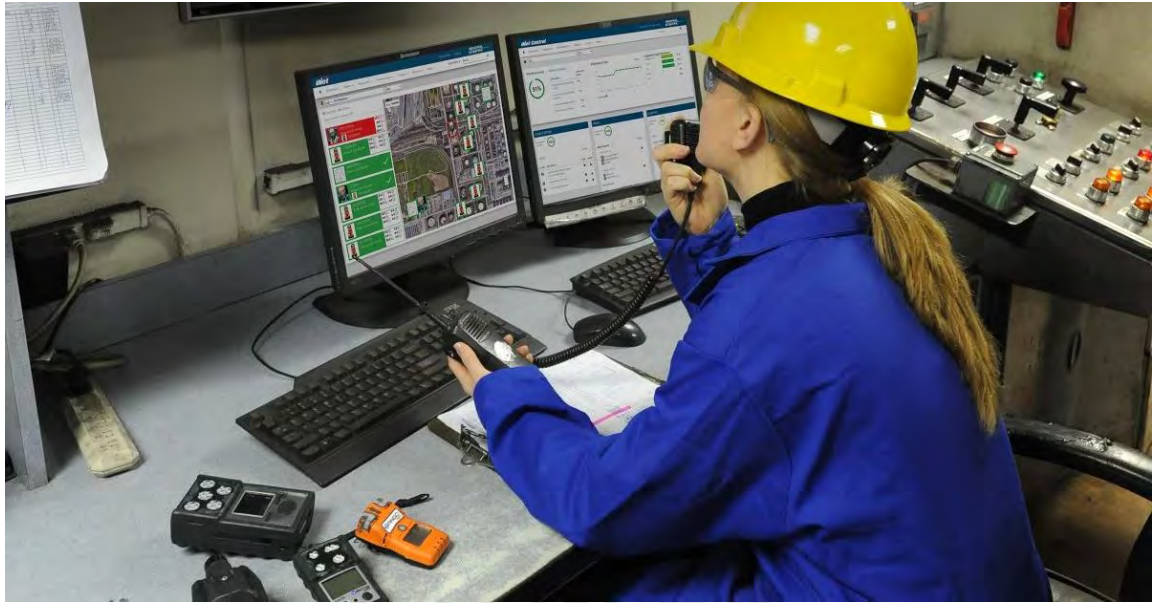


Figura 3. Ejemplo de Monitoreo con WLAN

*Nota. Elaboración Propia.*

## **2.2. Reacción de los trabajadores ante el monitoreo**

Las reacciones de los trabajadores de la construcción ante el hecho de ser observados pueden variar mucho en función de diversas circunstancias, como la cultura laboral, la confianza en la dirección y la normativa sobre privacidad. En primer lugar, algunos empleados pueden sentirse incómodos o enfadados por ser observados, por considerarlo una violación de su intimidad o una especie de vigilancia continua.

Las condiciones laborales en los trabajadores de construcción dependen de 4 factores básicos: salud ocupacional, seguridad y medio ambiente (Falcón, Condiciones de trabajo y calidad laboral en el sector de construcción civil de Lima Metropolitana, 2016). Al cumplir todos estos factores, los trabajadores aportan con conocimientos, habilidades, actitudes y aptitudes a las organizaciones, potenciándolas para lograr su crecimiento, con una mejora en la calidad del producto y un incremento en la eficiencia en la producción.

Cabe añadir que, cuando los trabajadores que se encuentran enfocados en una formación continua, no es suficiente el reconocimiento empresarial, debido a que estos buscan algo más, la concepción filosófica que presentan consiste en lograr que las personas se desarrollen por sí mismas para alcanzar todo su potencial. Según Falcón (2016), para estos casos la gestión del talento debe fomentar la educación continua para lograr dinamizar los procesos en la organización ya que estas personas son grandes impulsores de crecimiento.

La aceptación de la supervisión por parte de los trabajadores puede verse influida por elementos como la apertura en la instalación del sistema, la comunicación eficaz sobre su finalidad y ventajas, y la fe en la capacidad de la dirección para manejar los datos de forma responsable y equitativa.

La investigación de Falcón (2016) indica que en Lima el 70% de las construcciones son informales, por lo que presentan bajos indicadores de salud ocupacional, seguridad y medio ambiente. Asimismo, en un análisis realizado a los trabajadores de construcción, alrededor del 31.92% está de acuerdo con que las empresas respetan positivamente las normal de salud ocupacional, en contraste con el 11.74% que presentó una posición negativa. Al analizar la reacción de los trabajadores ante nuevas tecnologías aplicadas para promover su seguridad, alrededor del 12.21% indicaron que estas les afectan negativamente. Estos valores representan un porcentaje preocupante, debido a la gran cantidad de trabajadores que se ven afectados por medidas que no son diseñadas para lograr su bienestar.

(Ascarruz & Esquivel, 2023) detalla que a los trabajadores se les presentan a diario diversos retos, como expectativas laborales excesivas o conflictos con sus superiores, así como factores de riesgo psicológico, que provocan un aumento del estrés y una disminución del bienestar emocional. Cuando un elemento se implanta en el trabajo, se convierte en un factor psicosocial que puede repercutir en el trabajo y el bienestar de los empleados, ya que pueden interpretarlo como una amenaza para su estabilidad emocional en lugar de como una oportunidad para mejorar sus condiciones laborales.

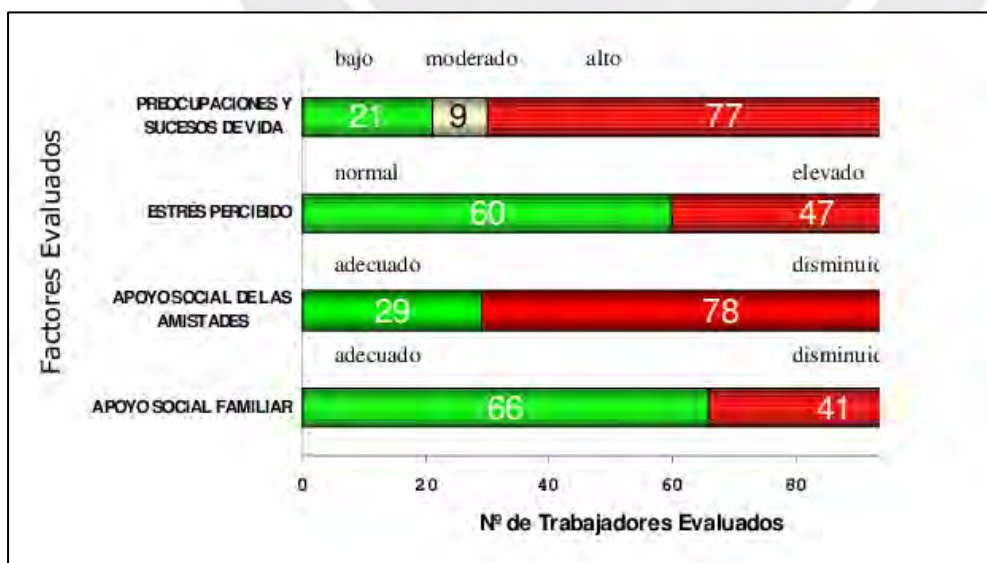


Figura 4. Gráfico de Factores de Evaluación de Trabajadores Monitoreados

*Nota. Extraído de "Evaluación de Factores Presentes en el Estrés Laboral".*

### 2.3. Riesgos del personal en la construcción

Los riesgos son la medida de la probabilidad en que puede suceder un hecho en un lugar o tiempo en específico. Los riesgos que se dan dentro del sector laboral van a depender de su gravedad o incidencia para desencadenar diversos accidentes (Aranguren, 2020).

Según Torres (2018), los riesgos laborales generales a los que está expuesto un trabajador de la industria de la construcción, de las cuales se pueden identificar a los siguientes:

- Lesiones por manipulación de pinturas y sustancias tóxicas.
- Lesiones de manos, piernas y pies.
- Caídas de alturas o también por medio de andamios, escaleras, techos, etc.
- Derrumbes que producen golpes o dejan atrapado al trabajador.
- Problemas auditivos provocados por herramientas y máquinas.
- Riesgos por golpes mientras se transporta material o caídas de material.
- Riesgo por contacto con electricidad, herramientas, objetos cortantes y clavos.
- Sobreesfuerzo debido a una carga excesiva o posición incorrecta al manejar la carga.
- Atropellos causados por vehículos dentro de las instalaciones.

La Norma G.050 – Seguridad durante la Construcción (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009) del Reglamento Nacional de Edificaciones establece los lineamientos técnicos necesarios y así poder garantizar que las actividades de construcción se desarrollen sin accidentes de trabajo y tampoco causen enfermedades ocupacionales. Es decir, toda obra debe contar con las facilidades necesarias para garantizar la atención inmediata y traslado a centros médicos, de las personas heridas o enfermas de manera inesperada.

Asimismo, la Ley 29783 enfocada a la Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como principio de prevención al empleado, siendo el empleador quien garantiza en el centro de trabajo, un ambiente con los medios y condiciones necesarias para proteger la salud, bienestar y vida de los trabajadores.

El sistema de gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo es aquel, donde el empleador adopta un enfoque del sistema de gestión para dar conformidad el cumplimiento de esta normativa mediante el empleo de directrices e instrumentos de apoyo tiene como principios a lo siguiente:

**Tabla 2***Principios del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*

N°	Principios del Sistema de Gestión de la SST
1	Asegurar un compromiso del empleados con la seguridad y salud de todos los trabajadores.
2	Lograr coherencia entre lo planificado y realizado.
3	Mejoramiento continuo mediante una buena metodología y correcta implementación.
4	Mejorar autoestima, fomentar trabajo en equipo incentivando cooperación en los trabajadores
5	Fomentar cultura de prevención de riesgos laborales.
6	Crear oportunidades nuevas para alentar empatías con trabajadores.
7	Asegurar la retroalimentación y conocimientos en los trabajadores en la seguridad y salud en el trabajo.
8	Disposición de mecanismos de reconocimiento personal proactivo interesado en mejorar continuamente.
9	Evaluar principales riesgos que puedan ocasionar perjuicios en los trabajadores.
11	Fomentar y respetar participación sindical o representante de trabajadores.

Fuente: Adaptado de (Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo, 2017)

Guillén (2018) afirma que el sector de la construcción ha apostado por el desarrollo de un modelo innovador en este sector que adapte no solo necesidades económicas y sociales sino también ambientales, esto genera un nuevo escenario para identificar nuevos y emergentes riesgos y así conocer su impacto que generen estos en la seguridad y salud en el trabajo, como se muestra a continuación:

**Tabla 3***Riesgos emergentes en el sector de la construcción*

N°	Algunos riesgos emergentes en sector de la construcción
1	Gestión de residuos y empleo verde
2	Envejecimiento de la población activa

- 3 Combinación de factores de riesgo psicológico, social y físico
- 4 Consecuencias ante la exposición de agentes químicos
- 5 Incremento de peligros naturales como radiación solar.

Fuente: Adaptado de Guillén (2018).

Asimismo, se supone cambios en procesos constructivos, la introducción de tecnologías innovadores con materiales ecológicos puede influir en la seguridad y seguridad en el trabajo por la modificación del sistema del trabajo y sus condiciones, lo que puede conllevar a nuevos riesgos como se mencionan a continuación.

**Tabla 4**  
*Riesgos emergentes en el sector de la construcción*

Nº	Riesgos laborales en la construcción ecológica
1	Riesgos laborales tradicionales en edificación: trabajos en altura, empleo de equipos eléctricos, manipulación de agentes químicos.
2	Riesgos en nuevas situaciones como instalación de tecnologías en altura.

Fuente: Adaptado de Guillén (2018).

#### **2.4. Sistemas de monitoreo en tiempo real ICONS**

Con la finalidad de optimizar el flujo de producción existente en el sector de construcción en el Perú y mermar, en palabras de Olivieri et al. (2017), las limitaciones como el error humano o que la recolección de información no pueda ser realizada simultáneamente en todo un proyecto, durante los últimos años se ha buscado diseñar alternativas orientadas a las tecnologías de seguimiento, las cuales permiten el monitoreo en tiempo real de la obra lo que, según Lin, et al. (2013), genera múltiples beneficios; entre ellos, la inspección de la calidad de los proyectos mientras estos se están ejecutando, lo cual permite respaldar su viabilidad y así poder llegar a un mayor potencial de los mismos. Es por ello, que a través de diversas tecnologías de monitoreo se busca realizar el seguimiento continuo de distintos elementos del proyecto; sin embargo, la implementación de un hardware en la construcción no es suficiente, ya que también es necesaria una única plataforma en la que se pueda administrar e interpretar la información obtenida en campo para facilitar la lectura realizada por los profesionales capacitados. Hasta entonces, la tecnología seguirá desarrollándose para poder diseñar un sistema que haga posible la etiquetación y ubicación de todos los recursos en todo momento (Olivieri et al., 2017).

Es así como Aalto University aprovecha la oportunidad presentada en el campo de la construcción y, en asociación con otras empresas internacionales relacionadas a tecnologías de monitoreo, desarrollo de softwares y comunicaciones, elaboran una plataforma que permite recolectar los datos en tiempo real de las distintas zonas analizadas de manera en que se pueda examinar de forma directa el ritmo de avance y la repartición de sus componentes (Urbina, 2019); dicha plataforma hoy es conocida con el nombre de ICONS. Ya que aún es un proyecto en desarrollo, existen problemas respecto al diseño del hardware, los elementos a analizar, su implementación y la tecnología de seguimiento a utilizar para la recolección de datos, pues existen diversas tecnologías de monitoreo, de las que RFID, GPS, WLAN son las que cuentan con mayor precisión y área abarcada (Skibniewski, 2014), pero para la elección también se tomará en cuenta el precio y la calidad; además se debe delimitar los elementos a supervisar en tiempo real y, también, se desconocen las consecuencias generadas por la herramienta de control en el campo en aspectos como la productividad diaria y el bienestar emocional de los trabajadores; por esto último, será necesario estudiar la respuesta del personal a la implementación de las tecnologías. Es por ello que se fueron realizando diversos estudios que tenían como objetivo el análisis de las ventajas y desventajas de la aplicación de la nueva herramienta.

En Lima los estudios de la herramienta en cuestión, ICONS, fueron realizados por el ingeniero Alonso Urbina (2019), quien realizó un trabajo de investigación en una empresa productora de baterías que se encuentra en el distrito de Puente Piedra. Durante la investigación, Urbina (2019) realizó el seguimiento al personal encargado del mantenimiento de los elementos verticales y la fabricación de elementos pertenecientes al taller por un periodo aproximado de 3 meses mediante los sensores de monitoreo. De este seguimiento, Urbina (2019) indicó que con el seguimiento en tiempo real se puede constatar que los trabajadores de obra se encuentran en las ubicaciones correspondientes a su zona de trabajo, lo cual cumple con el propósito de optimización del control en campo; no obstante, también mencionó que algunos parámetros, como la invasión de la privacidad, pueden constituir una barrera en la cooperación por parte de los trabajadores y que estos se muestren reacios a aportar los sensores de monitoreo durante el desarrollo de sus actividades. Por lo que se concluye que el estudio de la perspectiva del trabajador frente a esta nueva herramienta es necesario para la comprensión total de las implicancias de la instauración del monitoreo en los proyectos de construcción.

Ascarruz & Esquivel (2023) adicionan que, como proyecto en desarrollo, existen incertidumbres sobre el diseño del hardware, la implementación, los elementos a examinar y

el sistema de monitorización que se utilizará para recoger los datos. Para empezar, hay una gran variedad de hardware disponible en el mercado; las tecnologías de monitorización más fiables son RFID, GPS y WLAN, debido a su gran precisión y cobertura de área; sin embargo, hay que decidir entre las opciones, teniendo en cuenta su precio y calidad. En segundo lugar, será necesario definir qué aspectos deben ser monitorizados en tiempo real a través de la plataforma, así como la forma en que se llevará a cabo la monitorización sin impactar negativamente en la productividad in situ. En tercer lugar, no están claros los efectos del instrumento de control sobre la productividad diaria y la estabilidad emocional de los trabajadores de campo, por lo que debe investigarse simultáneamente la reacción del personal a la aplicación. Ante la falta de información sobre el uso del instrumento en una obra, se llevaron a cabo numerosas investigaciones para evaluar las ventajas e inconvenientes de la utilización de este nuevo equipo.



### III. METODOLOGÍA

Esta investigación se considera de tipo descriptiva, con la aplicación de un enfoque cuantitativo, al desarrollar mediante un análisis las variables de estudio. Esta propuesta realiza un planteamiento estratégico dividido en seis etapas importantes para lograr obtener los resultados deseados y así la respuesta de cada objetivo planteado, como se detalla a continuación:

#### 3.1. Contextualización

Esta etapa inicial comienza con el acuerdo de colaboración académica de la Pontificia Universidad Católica del Perú y AALTO University para la obtención resultados de la implementación del sistema iCONS en la ejecución de la obra “Edificio Hills Camacho”, ubicado en la Molina, Lima. Asimismo, se realiza una revisión detallada de la literatura que está relacionada directamente con los sistemas de monitoreo existentes en el sector de la construcción y el desarrollo de estos en el tiempo. Después de dicha revisión, se elabora un marco teórico detallado, con el fin de brindar los alcances necesarios, como características del sistema iCONS, así como el funcionamiento de este sistema durante la construcción de edificaciones. Ante la obtención de dicha información, se busca brindar la situación actual del sistema iCONS como herramienta, la cual es detallada en el estado de arte.



Figura 5. Contextualización de la propuesta

*Nota. Elaboración propia.*

#### 3.2. Identificación del sistema ICONS

Esta es una de las etapas más importantes, ya que permite identificar el sistema iCONS por parte de los investigadores, para así conocer las principales características de este. Esta etapa está conformada por la adquisición u obtención de los equipos, configuración del sistema y pruebas previas a la implementación del “Edificio Hills Camacho”. El ingeniero encargado de realizar la introducción al sistema iCONS es el Ing. Alonso Urbina, el cual será el guía en la implementación de esta metodología de monitoreo durante el desarrollo de la investigación.

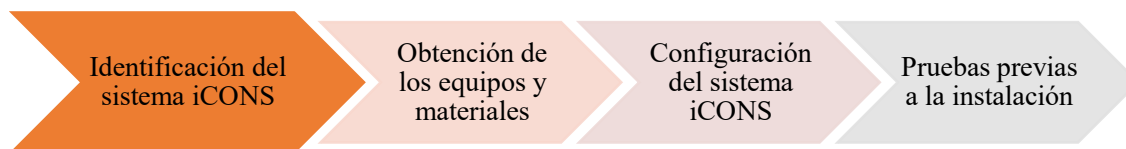


Figura 6. Identificación del sistema ICONS

*Nota. Elaboración propia.*

La obtención de los equipos y materiales: Es importante mencionar que los equipos (hardware) y materiales necesarios para poder realizar el monitoreo en tiempo real ante la implementación de este sistema, son: 06 módems, 29 sensores, 02 módems de internet, 01 teclado inalámbrico, 01 laptop para el procesamiento de resultados, 04 baterías portátiles, 04 cajas de madera, 01 monitor con entrada HDMI y 01 celular con datos de internet. Cabe añadir que, parte de los equipos y materiales han sido brindados y financiados por el Ing. Alonso Urbina, siendo los investigadores quienes complementaron el requerimiento.

**Tabla 5**  
*Equipos (hardware) y materiales*

N°	Equipos y materiales	Cantidad
1	Módems Raspberry Pi	06 und.
2	Sensores	29 und.
3	Módems de internet	02 und.
4	Teclado inalámbrico	01 und.
5	Laptop	01 und.
6	Baterías portátiles	04 und.
7	Cajas de madera	04 und.
8	Monitor con entrada HDMI	01 und
9	Celular con datos de internet	01 und.

*Nota. Elaboración propia.*

Configuración del sistema iCONS: Tras contar con estos equipos anteriormente detallados, se procede a configurar el sistema iCONS. Esta fase consiste en conectar los módems Raspberry Pi con la señal de internet, para la cual la configuración se realiza

mediante un lenguaje de programación. Posterior a ello, se solicita la licencia de uso por AALTO University.

Pruebas previas: Se realiza las primeras pruebas de monitoreo en laboratorio del sistema en general o en gabinete, estas pruebas previas permitirán la validación y calibración entre el software y hardware empleados. Se corrobora el funcionamiento correcto de los sensores, así como los rangos de lectura de cada uno de los módems Raspberry Pi.



Figura 7. Equipos y materiales

*Nota. Elaboración propia.*

### 3.3. Diagnóstico situacional de la obra

Realizar un diagnóstico situacional de la ejecución de obra “Edificio Hills Camacho”, mediante la observación, con el fin de determinar sus características y condiciones actuales en la ejecución, mediante la planificación propuesta por el Ingeniero Residente junto al Maestro de Obra al igual que el desempeño y rendimiento de los trabajadores. Asimismo, este diagnóstico permite proyectar la ubicación y disposición que adoptará el sistema en el proyecto, identificando posibles proyecciones e interferencias con el fin de evitar imprevistos durante su aplicación.

### 3.4. Presentación del sistema

Esta etapa inicia una vez verificado el funcionamiento del sistema, tal cual como se necesita, y se comienza mediante la presentación oficial del proyecto tanto a la empresa como a los trabajadores de construcción civil en la obra “Edificio Hills Camacho”. En esta presentación, se realiza la explicación detallada del procedimiento que se realizará y el apoyo que será necesario para que funcione con éxito en obra.

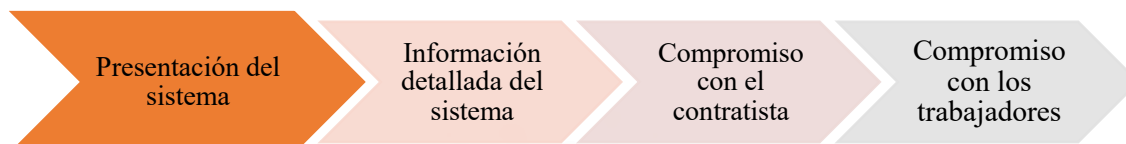


Figura 8. Presentación del sistema.

*Nota. Elaboración propia.*

La empresa colaboradora JCMP CONTRATISTAS S.A.C, ejecutora del presente proyecto de estudio brindará la autorización formal de utilizar sus instalaciones para la implementación de este sistema, la cual se plantea con una participación durante un plazo de intervención específico. Para ello, se realizará una reunión previa con el ingeniero residente, en donde se le presentará el sistema ICONS, así como la metodología para obtener la información en campo. El ingeniero residente coordinará con el cliente para el desarrollo de la investigación en la obra en mención. La aprobación del ingeniero residente será registrada en un compromiso de colaboración, el cual será firmado por los tesisistas junto con el representante de la empresa colaboradora.



Figura 9. Presentación del sistema a Ingeniero Residente

*Nota. Elaboración propia.*

Tras la aprobación de los acuerdos detallados anteriormente por parte de la empresa correspondiente, se procede a realizar la presentación del sistema a los trabajadores, según grupos de cuadrillas, considerándose aproximadamente 105 trabajadores en la ejecución de las partidas a monitorear (encofrado, acero, tabiquería, instalaciones y tarrajeo) del “Edificio Hills Camacho”. Estos documentos indican la libre participación de los trabajadores, así como informarles que el tratamiento de la información obtenida será usada únicamente para fines académicos, sin afectar su condición laboral. Cabe añadir que, el primer nexo para la comunicación con los trabajadores es el capataz o maestro de obra, los cuales son las primeras personas, luego del residente, a quienes se les explica la investigación a realizar, además de la presentación de un cronograma propuesto de monitoreo, estos brindarán la disponibilidad que crean necesaria para realizar la charla a los trabajadores, donde en la mayoría de los casos se recomienda usar un tiempo de la charla de seguridad. Finalmente, esta etapa culmina con la firma del capataz o maestro de obra y los trabajadores que accedan a ser monitoreados.

### 3.5. Instalación del sistema

Esta etapa comprende la movilización de los materiales de investigación al campo para realizar su instalación y calibración de los sensores que serán entregados a los trabajadores, al igual que definir las ubicaciones óptimas de los procesadores (sistema geoespacial). Es necesario considerar que estas variarán según el desplazamiento de los trabajadores por el avance de la obra, por ello es necesario mantener un registro las ubicaciones constantemente.

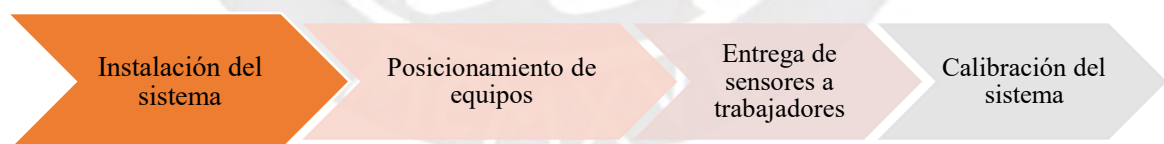


Figura 10. Instalación del sistema

*Nota. Elaboración propia.*

Para esta etapa, es importante la información obtenida en el diagnóstico situacional, ya que será una guía para la implementación del sistema en campo. El posicionamiento de los equipos varía cada día dependiendo de las partidas a monitorear y el movimiento vertical de la obra durante el tiempo de investigación. Cabe añadir que, se corrobora el

rango de alcance definido en gabinete y se ajusta a las condiciones de obra, dependiendo de la ubicación definida.

La entrega de sensores a cada uno de los trabajadores se realiza al finalizar la charla de seguridad, salvo casos excepcionales, en los cuales se entrega los sensores en su zona de trabajo. Para llevar un registro de las personas monitoreadas, se le asigna a cada trabajador un número de sensor, con la intención de que este mantenga y se familiarice con el mismo durante el monitoreo. Inicialmente, se proyectaron dos opciones para el uso del sensor en obra, las cuales fueron colocarlo debajo del casco de seguridad y como brazalete. Mediante las pruebas de calibración en campo se obtuvo una primera prueba real del monitoreo, así como el modo de lectura de la información que brinda, también, permitió identificar la forma idónea de uso de los sensores, la cual se estableció como brazalete para cada uno de los trabajadores.



Figura 11. Uso de sensor

*Nota. Elaboración propia.*

### **3.6. Monitoreo real en campo**

Esta etapa comprenderá el monitoreo de los obreros en tiempo real durante la ejecución de las partidas de estudio, así como la recolección de datos haciendo uso de la herramienta carta balance del Sistema Last Planner. Se realizarán distintas pruebas y calibraciones

antes de realizar el experimento definitivo cuyos datos son los analizados en el presente documento. A la mitad del tiempo de monitoreo, se tomará una encuesta a los participantes para conocer las primeras percepciones y reacciones de los trabajadores ante la implementación de este sistema de monitoreo en tiempo real. Al finalizar el monitoreo, se realizará una encuesta de cierre, donde los trabajadores ya conocen claramente el funcionamiento del sistema y pueden brindar sus impresiones finales al respecto. De igual manera, se realiza una carta balance a la cuadrilla a la mitad del monitoreo y al finalizar el mismo, para poder contrarrestar esta información con lo obtenido mediante la tecnología iCONS. Finalmente, otra técnica a usar es la entrevista, la cual es realizada a trabajadores seleccionados, donde cada uno de ellos brindan una opinión sobre el monitoreo.

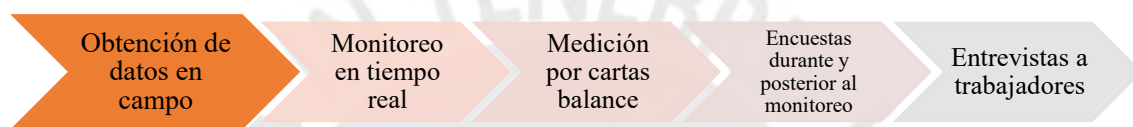


Figura 12. Monitoreo real en campo.

*Nota. Elaboración propia.*

Con respecto a la metodología de las encuestas, estas tienen carácter anónimo y serán las mismas para determinar las primeras impresiones e impresiones finales, con la intención de medir un cambio significativo en la percepción de los trabajadores. La metodología de la encuesta comprende en una serie de 30 ítems, los cuales miden percepciones sobre privacidad, seguridad, utilidad, bienestar y aceptación. Las respuestas presentan 4 niveles y con opción a una posición neutral por parte de los trabajadores. La encuesta es personal; sin embargo, se aplica de forma grupal, durante la charla de seguridad, aquí se da breve explicación al respecto de las preguntas expuestas y con una guía constante por parte de los tesisistas. El tiempo de duración de la encuesta oscila entre 8 -10 minutos, los cuales serán tomados previa coordinación con el encargado de las cuadrillas. El anexo A muestra el formato de encuesta aplicar durante la investigación.

Con respecto a las entrevistas, se ha formulado una serie de 5 preguntas que dependerán de la posición que adopta cada trabajador frente al monitoreo, dando oportunidad para que este se exprese al responder estas preguntas. Asimismo, el enfoque de las preguntas gira en torno a los 5 factores mencionados en las encuestas. La recolección de las entrevistas se realizará mediante el medio audiovisual, previo permiso del trabajador, para luego ser procesada para fines de la investigación. Esta tiene una duración proyectada entre 3 - 5

minutos, y será realizada individualmente a un total de 3 trabajadores por cuadrilla en estudio. El anexo B muestra el formato de las entrevistas a aplicar durante la investigación.

**Tabla 6**  
*Características de técnicas de recolección de datos*

Metodología de análisis	Técnica	Tiempo	Unidad de análisis	Muestra o población	Aspectos a considerar	Objetivos
Cuantitativo	Encuesta	6 -8 minutos	Individual	Total de trabajadores	Privacidad, seguridad, bienestar, productividad y utilidad de los trabajadores	Análisis de las percepciones de privacidad, seguridad, bienestar, productividad y utilidad de los trabajadores monitoreados para medir su aceptación
Cualitativo	Entrevista	3 - 5 minutos	Individual	Trabajadores seleccionados	Privacidad, seguridad, bienestar, productividad y utilidad de los trabajadores	Análisis de correlación entre privacidad, seguridad, bienestar, productividad y utilidad

*Nota. Elaboración propia.*

### 3.7. Análisis e interpretación de los resultados

Una vez concluido el plazo del monitoreo y la medición mediante el empleo de cartas balance para cada partida elegida de estudio bajo una supervisión rigurosa, para obtener la información más real considerando un porcentaje de error natural. De esta manera, se realizará el procesamiento de todos los resultados, en la cual se discutirán los diversos resultados obtenidos tanto en las encuestas, como del sistema de monitoreo iCONS, con la finalidad de responder las preguntas de investigaciones formuladas inicialmente.

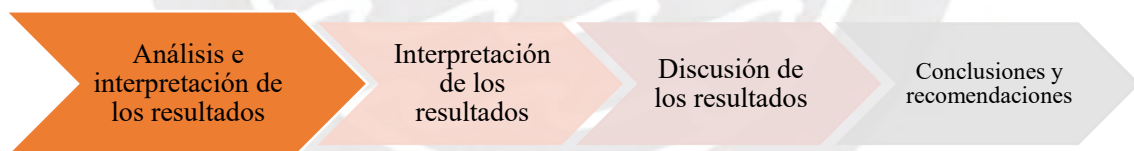


Figura 13. Análisis e interpretación de los resultados

*Nota. Elaboración propia.*

En cuanto al análisis e interpretación de los resultados, se tomará en cuenta la comparación de las percepciones y reacciones de los trabajadores, con un análisis de las primeras impresiones e impresiones finales del monitoreo en tiempo real mediante el sistema iCONS. Asimismo, se brindará un alcance de las opiniones de los trabajadores de

construcción de cada una de las partidas en estudio, mediante el análisis de las entrevistas realizadas. Es importante mencionar que, este análisis deberá estar basado en las percepciones de privacidad, seguridad y utilidad de los trabajadores ante la implementación de este sistema. Asimismo, se obtendrán indicadores por medio del sistema iCONS, los cuales serán comparados y relacionados con otras metodologías de monitoreo aplicadas en obra como las cartas balances.

DATA ENCUESTAS																																				
PRIMERA ENCUESTA					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
	A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3	B_4	C_1	C_2	C_3	C_4	D_1	D_2	D_3	D_4	Ps_E1	Ps_E2	Ps_E3	Ps_E4	Ps_E5	Ps_E6	Ps_E7	Ps_E8	Ps_E9	S_E10	S_E11	S_E12	F_1	F_2	F_3	G_1	G_2	G_3		
Trabajador 1	42	25	Operario	Carpintería	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	2	2	3	4	2	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4	4		
Trabajador 2	33	9	Operario	Carpintería	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Trabajador 3	34	7	Operario	Carpintería	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	2	1	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Trabajador 4	24	5	Oficial	Carpintería	3	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0		
Trabajador 5	40		Operario	Carpintería	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Trabajador 6	57	7	Ayudante	Carpintería	4	3	3	3	0	2	2	2	4	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3		
Trabajador 7	38	5	Oficial	Carpintería	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4		
Trabajador 8	43	28	Capataz	Carpintería	3	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3	2	2	3	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	3	3	3		
Trabajador 9	38		Operario	Carpintería	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	2	2	2	2	1	2				3	4	3	0	0	0		
Trabajador 10	37	8	Operario	Carpintería	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	3	3	1	2	1	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4		
Trabajador 11	32	7	Operario	Carpintería	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3		
Trabajador 12	36	7	Operario	Carpintería	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	1	2	2	2	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	
Trabajador 13	37	2	Oficial	Carpintería	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	1	3	2	4	4	3	4	3	3	2	3	2	3	2	2	3		

Figura 14. Formato de recolección de data de encuestas

Nota. Elaboración propia.

## IV. ESTUDIO DE CASO

Este capítulo ofrecerá una descripción exhaustiva del proyecto "Edificio Hills Camacho". Además, abarcará la supervisión de los trabajadores en tiempo real, haciendo hincapié en las instalaciones de carpintería, acero, tabiquería, electricidad y sanitarios. Este capítulo ofrecerá una revisión exhaustiva de cómo se gestionan y supervisan estas áreas críticas del proyecto, incluido el proceso de tarrajeo, lo que permitirá comprender a fondo la ejecución y el seguimiento de cada paso del desarrollo del edificio.

### 4.1. Descripción del proyecto

La presente investigación se desarrolló en el proyecto "Edificio Hills Camacho", ubicado en el distrito de la Molina, Lima, Perú. El proyecto está a cargo de la empresa inmobiliaria TyC, la cual ha subcontratado la construcción del edificio, a cargo de la empresa JCMP ingenieros, asimismo, se observa la presencia de otras subcontratas para diversas partidas. Este edificio contará con 18 pisos y 5 sótanos, donde se identifican departamentos tipo FLAT y DUPLEX, con 10 y 4 variaciones en el diseño, respectivamente.

Al realizar la visita inicial, el día 23 de julio de 2021, la construcción se encontraba en la etapa de casco estructural del 6to piso, con avances en tabiquería en el piso 2 y presencia de otras subcontratas, como la de instalaciones, tarrajeo, entre otras. En la siguiente imagen, se observa el estado situacional de la obra en estudio, donde resalta el uso de una grúa, una bomba estacionaria para el vaciado de concreto y las medidas de seguridad dispuestas por el personal de prevención de riesgos.



Figura 15. Situación inicial de Edificio Hills Camacho

*Nota. Elaboración propia.*

El proyecto tiene una duración de 27 meses, con una fecha de entrega proyectada para junio del año 2022. Asimismo, cuenta con un área techada de 890m<sup>2</sup>, la cual se ha dividido en 5 sectores que varían de acuerdo con la disposición de los pisos típicos y los elementos en análisis, estos son referencia para la ubicación durante el monitoreo en tiempo real. A continuación, las siguientes figuras muestran los sectores para el encofrado y acero en los pisos típicos, los cuales comprenden desde el piso 2 al 7:

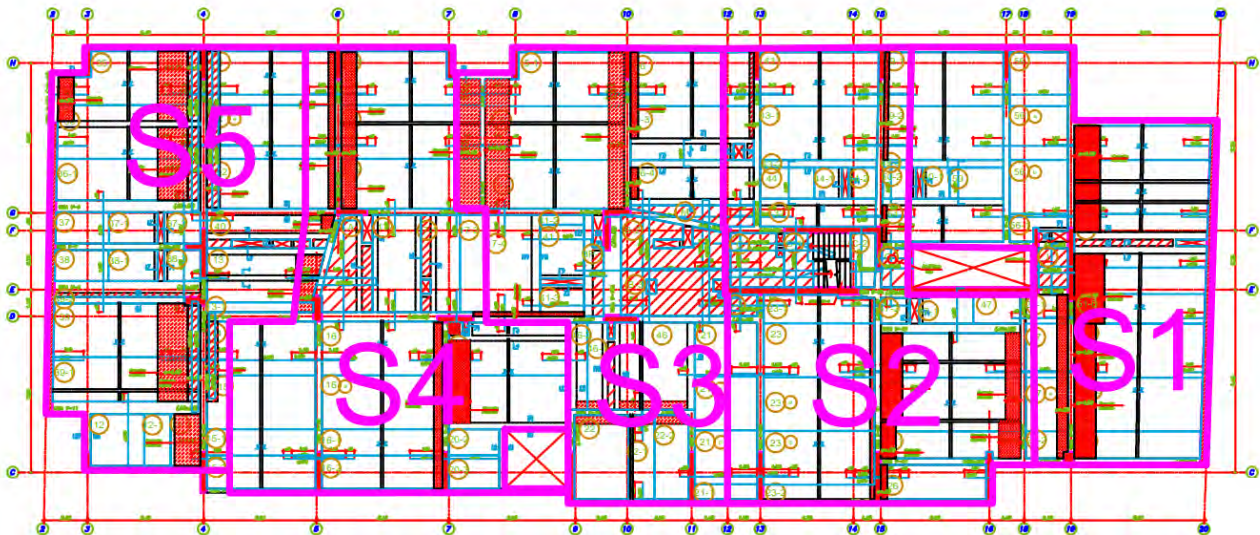


Figura 16. Sectorización de encofrado para piso típico

*Nota. Elaboración propia.*



Figura 17. Sectorización de acero para piso típico

*Nota. Elaboración propia.*

Como línea base, la empresa constructora contaba con alrededor de 70 trabajadores, distribuidos en las partidas de encofrado, acero y asentamiento de ladrillo. Estos cumplían el horario de obra común, donde el ingreso era a las 7:15 horas. Los trabajadores pasaban a los vestuarios para luego participar de la charla de seguridad, iniciando sus labores a las 8:00 horas. El horario de almuerzo iniciaba al medio día, excepto el sábado, donde el horario en obra es corrido hasta la 13:00 horas. Posterior al almuerzo, los trabajadores continúan sus labores hasta las 17:00 horas, con 30 minutos de reserva para realizar labores de limpieza.

Asimismo, es importante indicar las obras provisionales existentes en la obra durante el desarrollo de la investigación. Los trabajadores contaban con vestuarios grupales, de acuerdo con las cuadrillas que pertenecían, un comedor ubicado en el sótano 1, zonas de almacén de material ubicadas en el sótano 1 y piso 1. Además, se observó la presencia de baños químicos y baños instalados para el staff profesional, asimismo, se observó un baño químico móvil, para los trabajadores de encofrado y acero ubicados en los últimos pisos. Para cumplir con la normativa vigente debido a la pandemia por el virus SARS-Covid19, se instalaron 2 lavaderos, ubicados en el sótano 1, así como un lavadero para el staff profesional.

**Tabla 7**  
*Obras provisionales en obra*

Obras provisionales	Cantidad
Vestuarios	05
Comedores	01
Almacén de materiales	03
Oficinas	03
Sala de reuniones	01
Servicios higiénicos	04
Lavadero de manos	03

*Nota. Elaboración propia.*

El personal a monitorear se dividió en 5 partidas, a cargo de diferentes subcontratas; por ello, fue necesario realizar las coordinaciones necesarias previamente, para la disposición del personal y la facilidad de entrega de información respecto a las cuadrillas de trabajo. Se realizó una invitación abierta a todos los trabajadores de cada una de las cuadrillas analizadas; sin embargo, no todos accedieron a participar del monitoreo. Asimismo, se realizaron 2 encuestas a cada trabajador y, según cada partida, se realizaron 2 cartas balances y 3 entrevistas. La siguiente tabla muestra un resumen de las actividades monitoreadas durante la investigación, así como la recolección de datos a obtener.

**Tabla 8***Resumen de actividades monitoreadas*

Partida	Trabajadores invitados	Trabajadores monitoreados	Tiempo de monitoreo	Cartas balance a realizar	Encuestas por trabajador	Entrevistas
Encofrado	30	23	11 días	2	2	3
Acero	24	18	9 días	2	2	3
Tabiquería	26	17	8 días	2	2	3
Instalaciones	18	14	8 días	2	2	3
Tarrajeo	7	7	4 días	-	-	-
<b>Total</b>	<b>105</b>	<b>79</b>	<b>40 días</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>12</b>

*Nota. Elaboración propia.*

Debido a la escasez de trabajadores por partida, fue necesario el análisis de diferentes partidas, asimismo, con estas, se puede definir diferentes situaciones de monitoreos ya que los procedimientos son diferentes para cada una de las partidas. Dicho esto, se contó con un total de 79 trabajadores monitoreados, con una mayor participación en la partida de encofrado. Asimismo, según la programación, se realizaron tiempos de monitoreo entre los 4 y 11 días.

#### **4.2. Planeamiento del monitoreo**

Las actividades previas al monitoreo corresponden al planeamiento, aquí se encuentran actividades como las reuniones con el staff profesional, coordinaciones sobre ubicación de sensores, y otras condiciones para abordar de forma correcta la investigación. La primera visita permitió coordinar temas documentarios, tales como permisos y compromisos para la investigación, así como solicitar toda la información correspondiente al proyecto, tal como se describe en el capítulo III. Posterior a ello, las coordinaciones para la entrega de los equipos y configuración se realizaron con el Ing. Alonso Urbina, co-asesor de la investigación, de tal manera que para el día 03 de agosto, se contaba con el equipo ICONS, otorgado y financiado con la Universidad AALTO. Cabe añadir que, durante la primera semana de agosto, se obtuvo todo el equipo y material complementario para realizar la investigación.

La configuración del sistema se realizó mediante un lenguaje de programación, para lo cual se debía conectar los módems Raspberry Pi, con el módem que brindará el internet, de tal forma que se encuentren conectados a la misma red Wi-fi. La siguiente figura muestra la interfaz para la configuración de los módems Raspberry Pi:

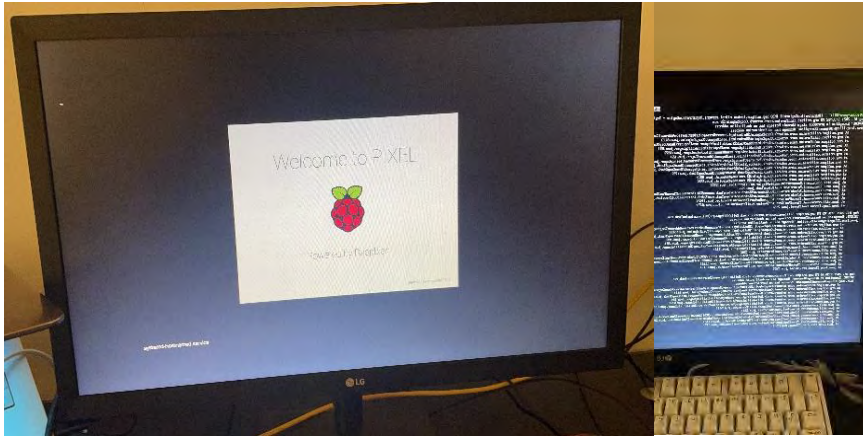


Figura 18. Sectorización de acero para piso típico

*Nota. Elaboración propia.*

Al realizar la configuración, por condiciones del estado de los Raspberry Pi, solo fue posible usar 4 módems para la investigación. Asimismo, en gabinete se verificó el estado de los sensores, por lo que se obtuvo un valor de 28 sensores en funcionamiento. Cabe añadir que, durante la investigación, algunos de estos sensores iban perdiendo batería por lo que algunos tuvieron que ser reemplazados en el desarrollo del proyecto.

Las primeras pruebas en obra permitieron definir los radios de alcance para que la lectura de los sensores sea posible. De esta manera, se identificó 3 condiciones a enfrentarse en obra, debido a la cantidad de obstáculos presentes en la zona de trabajo, estas son: zona con baja densidad de obstáculos, zona con densidad media y zona con alta densidad de obstáculos.

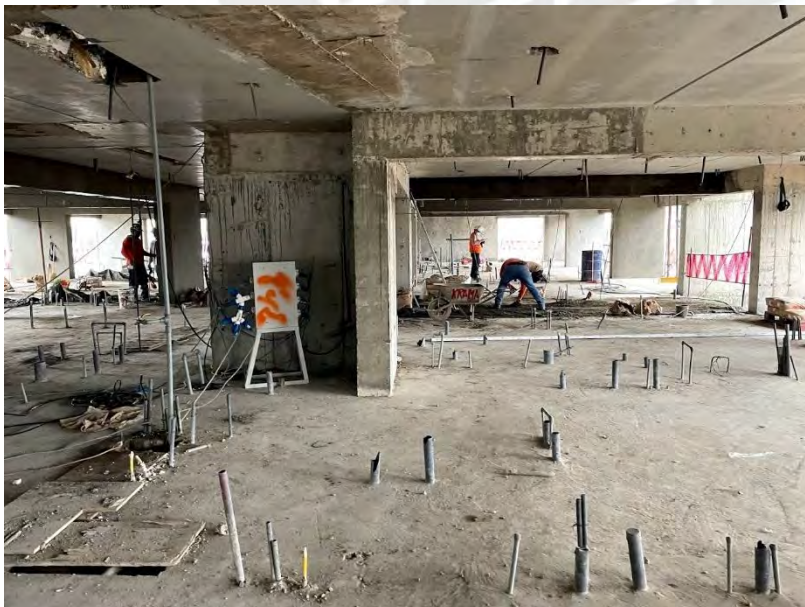


Figura 19. Zona con baja densidad de obstáculos

*Nota. Elaboración propia.*



Figura 20. Zona con densidad media de obstáculos

*Nota. Elaboración propia.*



Figura 21. Zona con alta densidad de obstáculos

*Nota. Elaboración propia.*

Debido a estas condiciones, el radio de alcance tiene un valor variable, entre 8-10 metros. El proceso de verificación y testeo en obra se realizó por 3 días. Cabe añadir que, el manejo de interferencias de lectura un mismo sensor por dos módems es solucionado por el sistema, ya que este considera la lectura al módem más cercano.

Para alimentar de energía eléctrica a los módems Raspberry Pi, los cuales usaban como conexión un cable con entrada tipo USB, se usaron baterías portátiles recargables para cada uno de estos, debido a las dificultades para brindar puntos eléctricos por parte del equipo de instalaciones y el desplazamiento de las personas ante la presencia del cableado necesario. Además, para proteger el equipo de monitoreo de caídas, golpes y material como concreto, etc., se usaron cajas de madera donde se colocaron el módem Raspberry Pie, la batería portátil y en algunos casos, el módem de internet, cada una se codificó según el módem que contenía, tal cual muestra la figura 22.

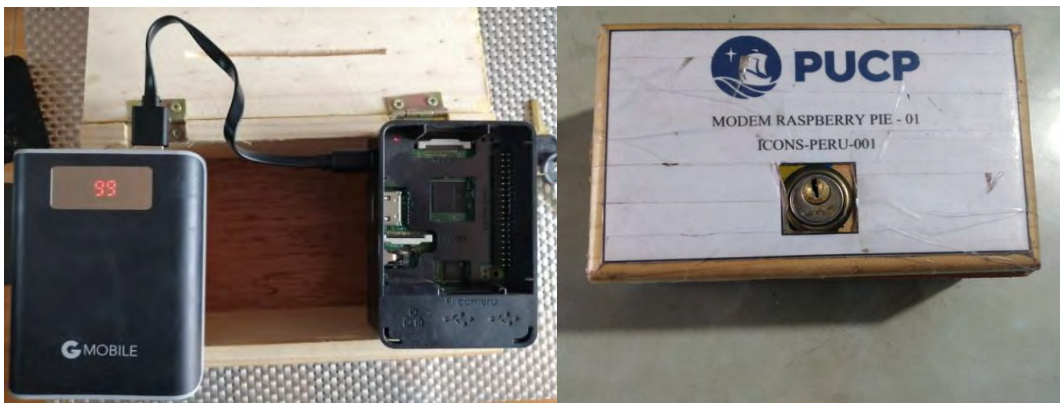


Figura 22. Caja de protección para equipo de monitoreo

Nota. Elaboración propia.

La ubicación de las cajas se realizó de forma variable, en placas vaciadas, en tuberías de instalaciones que no iban a ser usadas, así como en ductos libres, la colocación se realizó de forma cuidadosa, mediante un amarre con alambre de fierro grueso para evitar que estas se desprendan, ya que de caer al suelo representaban un obstáculo para los trabajadores. Es importante mencionar que, para determinar la cantidad de módems dispuestos en una zona de trabajo se analizaron las tareas a realizar, de tal manera de no generar inconvenientes a los trabajadores durante sus labores.



Figura 23. Ubicaciones de las cajas de madera con equipo de monitoreo

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, para la entrega de los sensores a los trabajadores, fue necesario codificar cada sensor, de tal manera de registrar qué sensor era entregado a cada trabajador. Esto permitió que los trabajadores se familiaricen con su numeración, así como hacer más fácil la detección en la plataforma de ICONS y en campo. En un primer momento, se planteó la colocación del sensor en la parte interna del casco con el uso de cinta adhesiva; para ello, al inicio de la jornada se realizaba un listado de los trabajadores y se procedía a colocar los sensores en cada casco y, de la misma forma, se retiraba el sensor al finalizar el tiempo de monitoreo. Sin embargo, esta opción presentó complicaciones como el tiempo que tomaba realizar este proceso, la falta de visualización del número del sensor para el control del monitoreo, la dificultad para diferenciar los trabajadores monitoreados de los no monitoreados e incomodidades por parte de los trabajadores con el uso del sensor dentro del casco. Debido a esto, se modificó la forma de portar los sensores, para lo cual se planteó el uso de brazaletes con el sensor correspondiente para cada trabajador en su interior. Estos fueron enumerados en la parte externa para poder ser diferenciados y se colocaron en la parte superior del brazo. De esta manera se solucionaron todos los problemas mencionados anteriormente.



Figura 24. Colocación de sensor detrás del casco

*Nota. Elaboración propia.*



Figura 25. Uso de brazaletes durante monitoreo

*Nota. Elaboración propia.*

A continuación, la figura 26 muestra un resumen de las actividades realizadas en la etapa de planeamiento, de acuerdo con las fechas mencionadas anteriormente. Con inicio el 23 de julio de 2021 hasta el comienzo del monitoreo, el día 09 de agosto de 2021. Durante los primeros días de la semana inicial de monitoreo se terminó de definir algunos aspectos de la metodología de la investigación, según los problemas que se iban presentando en obra con la implementación del sistema ICONS.

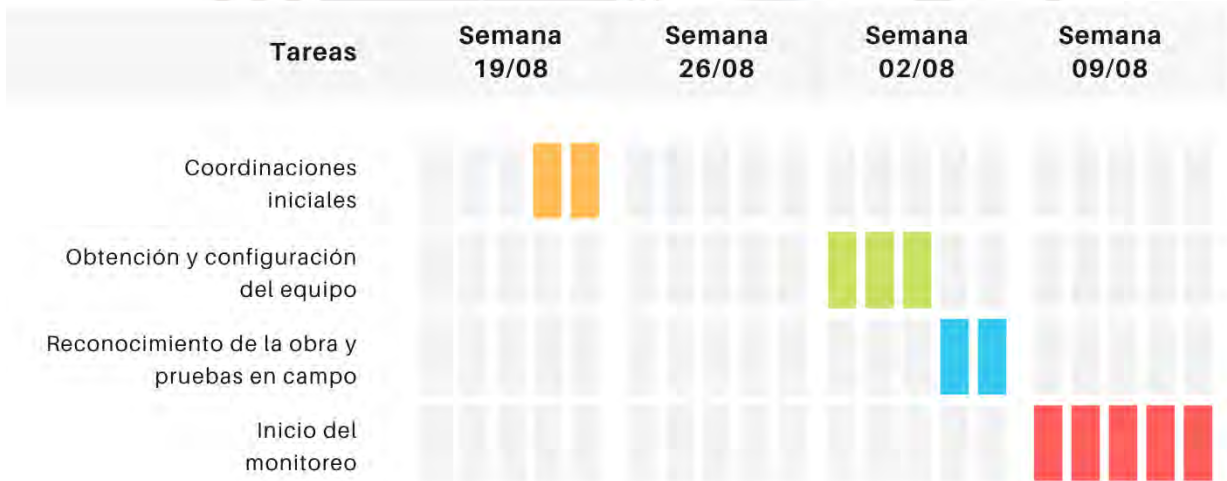


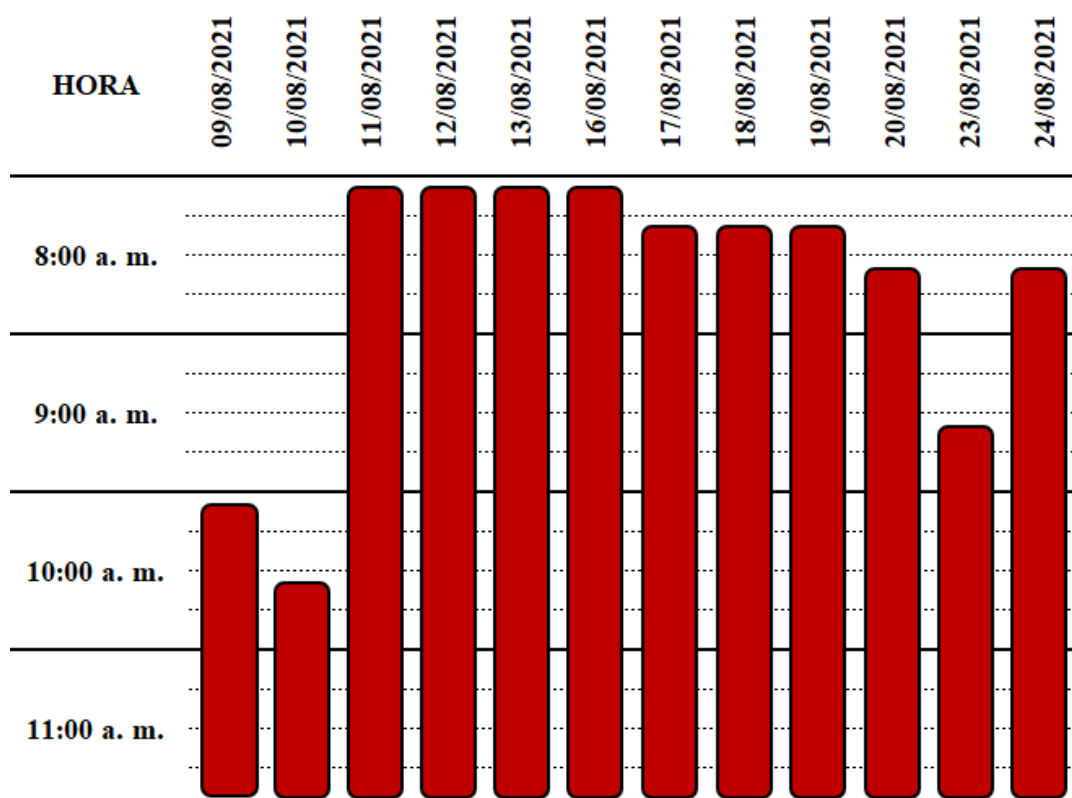
Figura 26. Resumen de cronograma de planeamiento

*Nota. Elaboración propia.*

### 4.3. Monitoreo en tiempo real

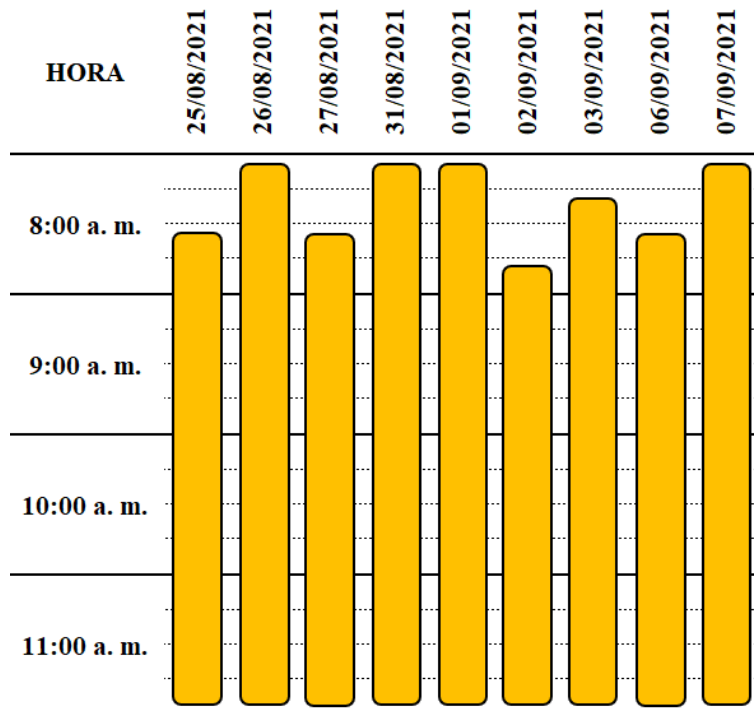
En esta sección se explicarán las características del monitoreo realizado, para lo cual, la población de análisis comprende a 79 trabajadores, distribuidos en 5 partidas: encofrado, acero, tabiquería, instalaciones eléctricas y sanitarias y tarrajeo. Inicialmente, el monitoreo se realizó durante 10 días, con un cronograma de lunes a viernes, el cual se extendió al finalizar la toma de muestras en campo, incluyendo el sábado. Las partidas analizadas no fueron monitoreadas de forma simultánea debido a las diferentes zonas donde estas se desarrollaban los trabajos y el poco equipo disponible; excepto, las partidas de instalaciones y tarrajes donde gran parte del personal laboraba en el mismo piso. Para abordar el monitoreo de cada partida se realizó una programación, de tal manera de tener un número significativo de días monitoreados y los trabajadores puedan afianzarse con el sistema implementado. A continuación, se muestran las fechas de monitoreo realizadas para cada partida, todas ellas se realizaron hasta las 12:00 p.m. y el inicio varía dependiendo del día.

**Tabla 9**  
*Cronograma de monitoreo para partida de Carpintería*



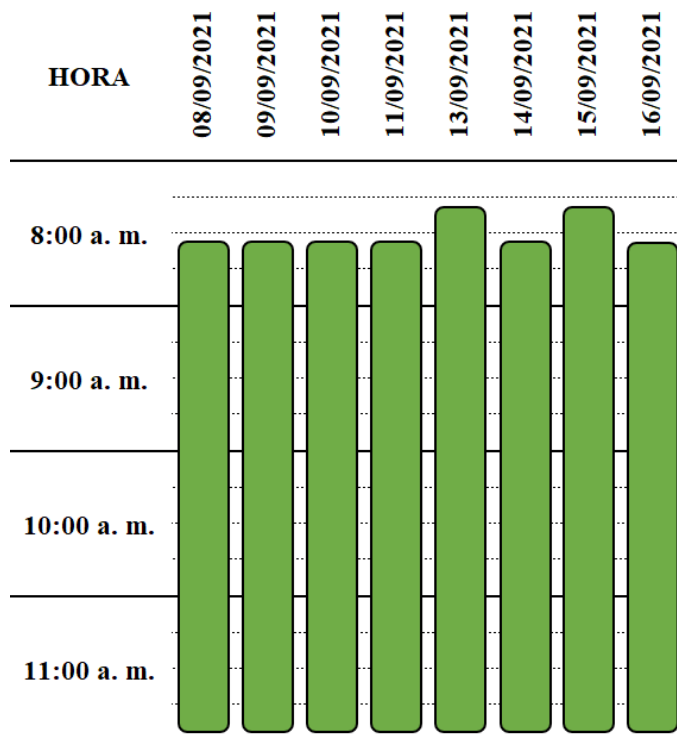
*Nota. Elaboración propia.*

**Tabla 10**  
*Cronograma de monitoreo para partida de Acero*



*Nota. Elaboración propia.*

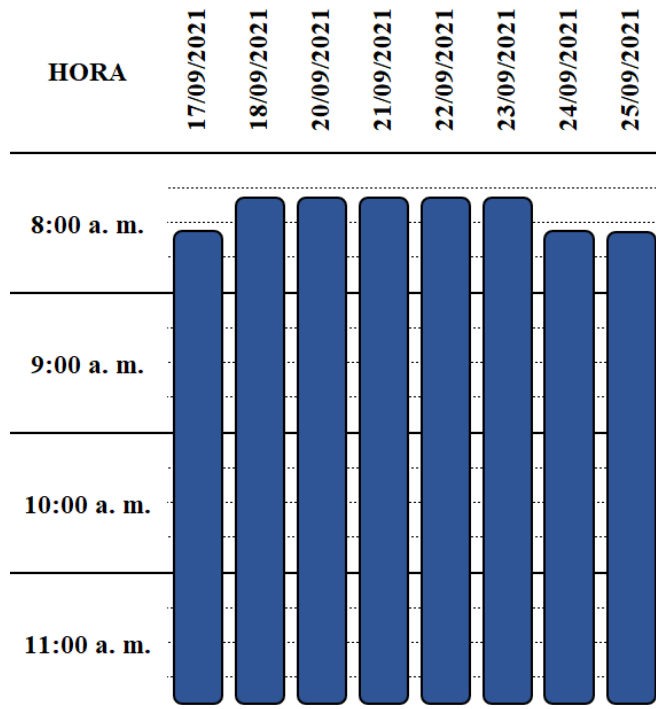
**Tabla 11**  
*Cronograma de monitoreo para partida de Tabiquería*



*Nota. Elaboración propia.*

**Tabla 12**

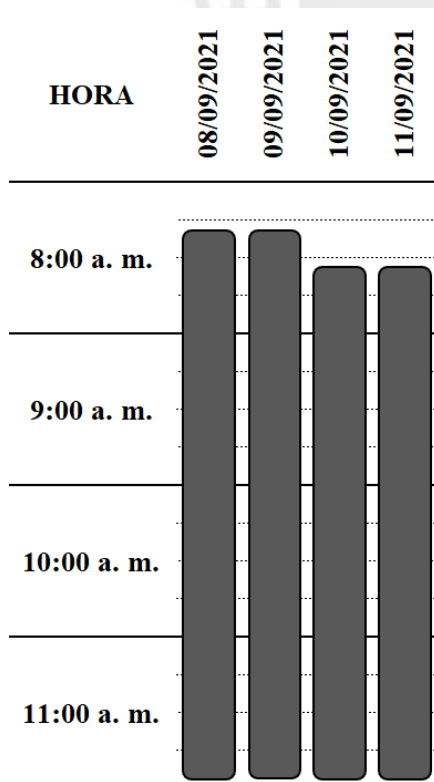
*Cronograma de monitoreo para partida de Instalaciones eléctricas y sanitaria*



*Nota. Elaboración propia.*

**Tabla 13**

*Cronograma de monitoreo para partida de Tarrajeo*



*Nota. Elaboración propia.*

#### 4.3.1. Resultados de monitoreo con sistema ICONS

Durante la investigación se han usado 4 módems codificados como: “icons 001”, “icons 002”, “icons 004” y “icons 005”. Estos nombres de los receptores son mostrados en la plataforma web de recolección de datos y brindan información sobre los sensores, mientras estos se encuentren dentro de su rango de alcance. De igual manera, los sensores tienen una codificación especial con la cual se les reconoce en la plataforma, estos se relacionan con la numeración otorgada, por lo que es fácil identificarlos al procesar la información obtenida. Las tablas 13 y 14 muestran la codificación para los módems Raspberry Pi y sensores, respectivamente.

**Tabla 14**  
*Codificación para módems Raspberry Pi usados*

Código	Nombre
131	icons-peru-005
132	icons-peru-001
133	icons-peru-004
134	icons-peru-002

*Nota. Elaboración propia.*

**Tabla 15**  
*Codificación para sensores usados*

Código	Nombre
302	worker 1 Peru
303	worker 2 Peru
304	worker 3 Peru
305	worker 4 Peru
306	worker 5 Peru
307	worker 6 Peru
308	worker 7 Peru
309	worker 8 Peru
310	worker 9 Peru
311	worker 10 Peru
312	worker 11 Peru
313	worker 12 Peru
314	worker 13 Peru
315	worker 14 Peru
316	worker 15 Peru

317	worker 16 Peru
318	worker 17 Peru
319	worker 18 Peru
320	worker 19 Peru
321	worker 20 Peru
322	worker 21 Peru
323	worker 22 Peru
324	worker 23 Peru
325	worker 24 Peru
326	worker 25 Peru
327	worker 26 Peru
328	worker 27 Peru
329	worker 28 Peru
330	worker 29 Peru
331	worker 30 Peru

---

*Nota. Elaboración propia.*

Para analizar los resultados obtenidos durante el monitoreo con sistema ICONS es necesario definir las ubicaciones de los módems Raspberry Pi y cómo estas han ido cambiando durante las fechas de monitoreo para cada partida. En las siguientes figuras, se ubican las posiciones de los módems durante el desarrollo de la investigación, dependiendo del piso donde se realizaban los trabajos a monitorear. Asimismo, estas están acompañadas de tablas donde se indican las fechas de monitoreo para cada módem.

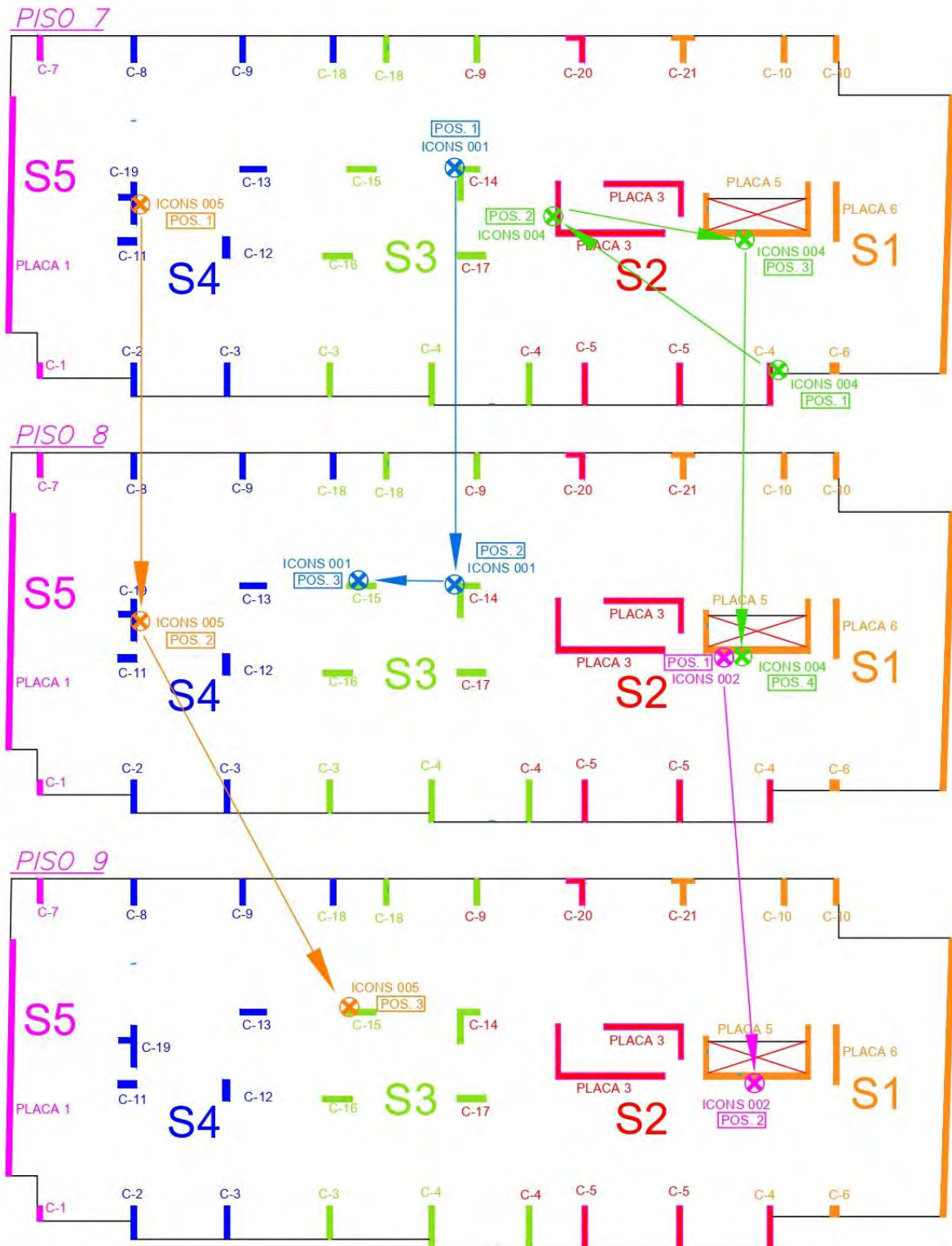


Figura 27. Distribución de módems para partida de Carpintería

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 16***Distribución de fechas según posición de módems para partida de Carpintería*

<b>Módem Raspberry Pi</b>	<b>Posición</b>	<b>Fechas</b>	<b>Módem Raspberry Pi</b>	<b>Posición</b>	<b>Fechas</b>
<b>ICONS 001</b>	POS. 01	09/08	<b>ICONS 005</b>	POS. 01	09/08
		10/08			10/08
		11/08			11/08
		12/08			12/08
	POS. 02	13/08		POS. 02	13/08
		16/08			16/08
		17/08			17/08
		19/08			19/08
	POS. 03	20/08		POS. 03	20/08
23/08		23/08			
24/08		24/08			
<b>ICONS 002</b>	POS. 01	19/08	<b>ICONS 004</b>	POS. 01	09/08
					10/08
					11/08
					12/08
	POS. 02	20/08		POS. 02	13/08
					16/08
					17/08
POS. 02	23/08	POS. 03	19/08		
			24/08	POS. 04	20/08
23/08	23/08				
24/08	24/08				

*Nota. Elaboración propia.*

En los trabajos de carpintería, inicialmente se usaron 3 módems Raspberry Pi (icons 001, icons 005 y icons 004); sin embargo, debido a la cantidad de trabajadores y a la distribución de estos en el piso, se agregó el módem codificado como icons 002 el día 19/08, con la intención de obtener una muestra más representativa durante el monitoreo. De la tabla anterior, se observa que el módem con mayor variación de posición fue el icons 004, con hasta 4 posiciones distintas durante los días monitoreados para esta partida.

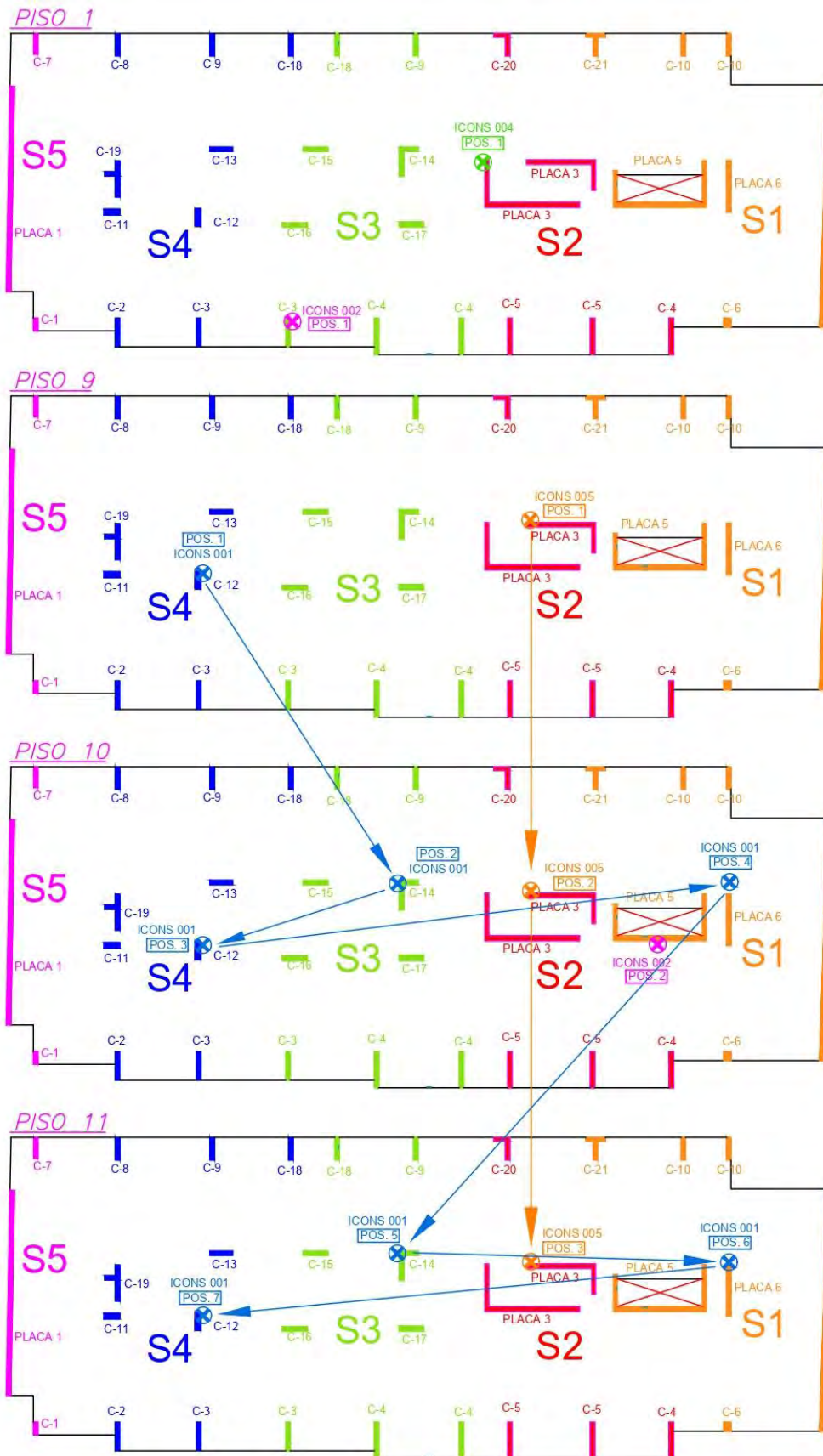


Figura 28. Distribución de módems para partida de Acero

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 17***Distribución de fechas según posición de módems para partida de Acero*

<b>Módem Raspberry Pi</b>	<b>Posición</b>	<b>Fechas</b>	<b>Módem Raspberry Pi</b>	<b>Posición</b>	<b>Fechas</b>
<b>ICONS 001</b>	POS. 01	25/08	<b>ICONS 005</b>	POS. 01	25/08
		26/08			26/08
	27/08	27/08			
	POS. 02	31/08		POS. 02	31/08
	POS. 03	01/09			01/09
	POS. 04	02/09			02/09
	POS. 05	03/09			03/09
POS. 06	06/09	POS. 03	06/09		
POS. 07	07/09		07/09		
<b>ICONS 002</b>	POS. 01	25/08	<b>ICONS 004</b>	POS. 01	25/08
		26/08			26/08
		27/08			27/08
		31/08			31/08
		01/09			01/09
		02/09			02/09
		03/09			03/09
		06/09			06/09
07/09	07/09				

*Nota. Elaboración propia.*

Los trabajos de la partida de acero fueron monitoreados en el piso 1, piso 9, piso 10 y piso 11. En este caso, se ubicaron dos módems en el primer piso, debido a que parte del personal laboraba en la zona de habilitación de acero, los módems restantes fueron colocados según el avance vertical en los pisos superiores. De la tabla anterior, se observa que el módem con mayor variación de posición fue el icons 001, con hasta 7 posiciones distintas durante los días monitoreados para esta partida. En base a la posición mostrada en la figura anterior, los trabajadores de acero permanecían entre 3-4 días de trabajo en el piso superior y luego pasaban al siguiente nivel.

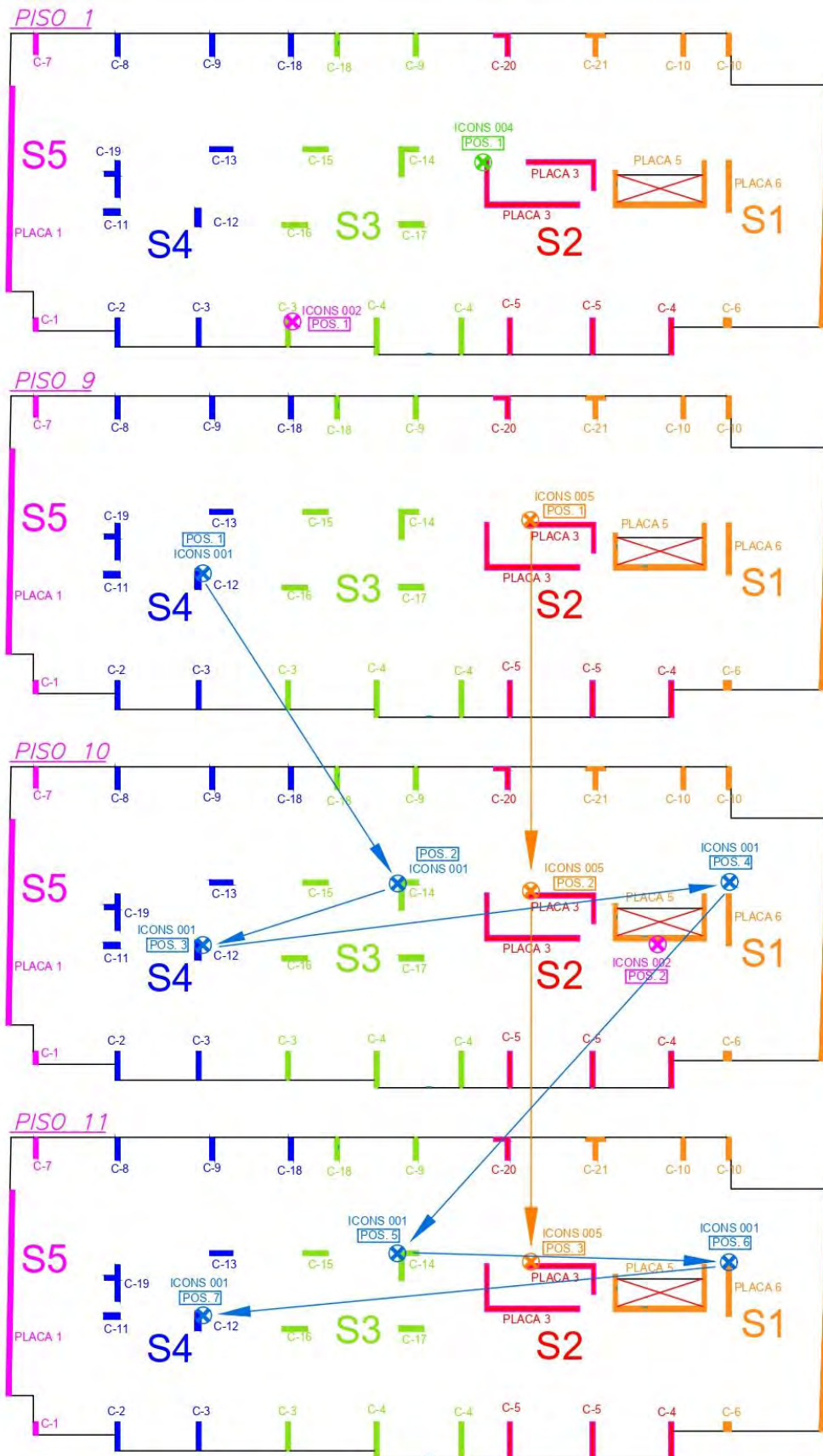


Figura 29. Distribución de módems para partida de Tabiquería

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 18***Distribución de fechas según posición de módems para partida de Tabiquería*

<b>Módem Raspberry Pi</b>	<b>Posición</b>	<b>Fechas</b>	<b>Módem Raspberry Pi</b>	<b>Posición</b>	<b>Fechas</b>
<b>ICONS 001</b>	POS. 01	25/08	<b>ICONS 005</b>	POS. 01	25/08
		26/08			26/08
	27/08	27/08			
	POS. 02	31/08		POS. 02	31/08
	POS. 03	01/09			01/09
	POS. 04	02/09			02/09
	POS. 05	03/09		POS. 03	03/09
POS. 06	06/09	06/09			
POS. 07	07/09	07/09			
<b>ICONS 002</b>	POS. 01	25/08	<b>ICONS 004</b>	POS. 01	25/08
		26/08			26/08
		27/08			27/08
		31/08			31/08
		01/09			01/09
		02/09			02/09
		03/09			03/09
		06/09			06/09
07/09	07/09				

*Nota. Elaboración propia.*

Los trabajos de la partida de acero fueron monitoreados en el piso 1, piso 9, piso 10 y piso 11. En este caso, se ubicaron dos módems en el primer piso, debido a que parte del personal laboraba en la zona de habilitación de acero, los módems restantes fueron colocados según el avance vertical en los pisos superiores. De la tabla anterior, se observa que el módem con mayor variación de posición fue el icons 001, con hasta 7 posiciones distintas durante los días monitoreados para esta partida. En base a la posición mostrada en la figura anterior, los trabajadores de acero permanecían entre 3-4 días de trabajo en el piso superior y luego pasaban al siguiente nivel.

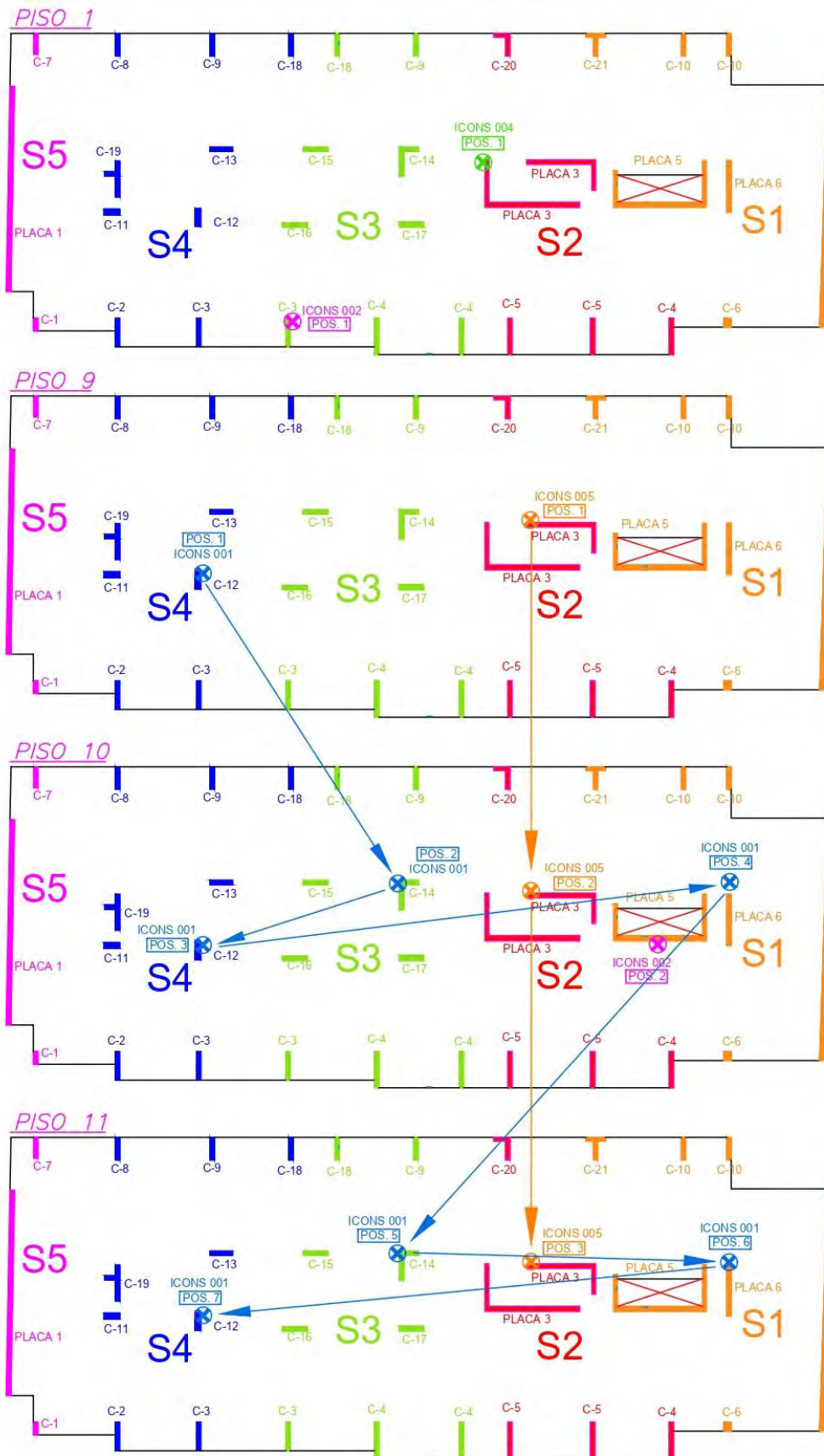


Figura 30. Distribución de módems para partida de Inst. Sanitarias, Eléctricas y Tarrajeo  
 Nota. Elaboración propia.

**Tabla 19**

*Distribución de fechas según posición de módems para partida de Inst. Sanitarias, Eléctricas y Tarrajeo*

<b>Módem Raspberry Pi</b>	<b>Posición</b>	<b>Fechas</b>	<b>Módem Raspberry Pi</b>	<b>Posición</b>	<b>Fechas</b>
<b>ICONS 001</b>	POS. 01	25/08	<b>ICONS 005</b>	POS. 01	25/08
		26/08			26/08
	27/08	27/08			
	POS. 02	31/08		POS. 02	31/08
	POS. 03	01/09			01/09
	POS. 04	02/09			02/09
	POS. 05	03/09			03/09
POS. 06	06/09	POS. 03	06/09		
POS. 07	07/09		07/09		
<b>ICONS 002</b>	POS. 01	25/08	<b>ICONS 004</b>	POS. 01	25/08
		26/08			26/08
		27/08			27/08
		31/08			31/08
		01/09			01/09
		02/09			02/09
		03/09			03/09
		06/09			06/09
07/09	07/09				

*Nota. Elaboración propia.*

Los trabajos de la partida de acero fueron monitoreados en el piso 1, piso 9, piso 10 y piso 11. En este caso, se ubicaron dos módems en el primer piso, debido a que parte del personal laboraba en la zona de habilitación de acero, los módems restantes fueron colocados según el avance vertical en los pisos superiores. De la tabla anterior, se observa que el módem con mayor variación de posición fue el icons 001, con hasta 7 posiciones distintas durante los días monitoreados para esta partida. En base a la posición mostrada en la figura anterior, los trabajadores de acero permanecían entre 3-4 días de trabajo en el piso superior y luego pasaban al siguiente nivel.

#### 4.4. Encuestas realizadas a los trabajadores.

##### 4.4.1. Formato de la encuesta

Como parte del desarrollo de la presente investigación, se presentó una encuesta a los trabajadores, la cual sería contestada a la primera mitad del monitoreo y a la finalización de este. De esta manera, se busca responder la misma encuesta en dos momentos diferentes con la intención de analizar el cambio experimentado en las percepciones de los trabajadores. El formato aplicado se realizó en base a la investigación realizada por el Ing. Alonso Urbina en la implementación de la tecnología ICONS en un proyecto en el Perú (Urbina, 2019). Dicho esto, las encuestas se dividen en dos secciones (A y B), la primera comprende la formulación de 5 preguntas, donde se obtiene información general del trabajador y la segunda corresponde a las percepciones de estos sobre el monitoreo. En esta segunda sección, se hace enfoque a 5 aspectos a analizar: privacidad, seguridad, utilidad, bienestar y aceptación, para cada uno de estos se formuló una serie de preguntas obteniendo un total de 30 preguntas en esta sección. A continuación, la siguiente figura muestra la estructura de la sección B.

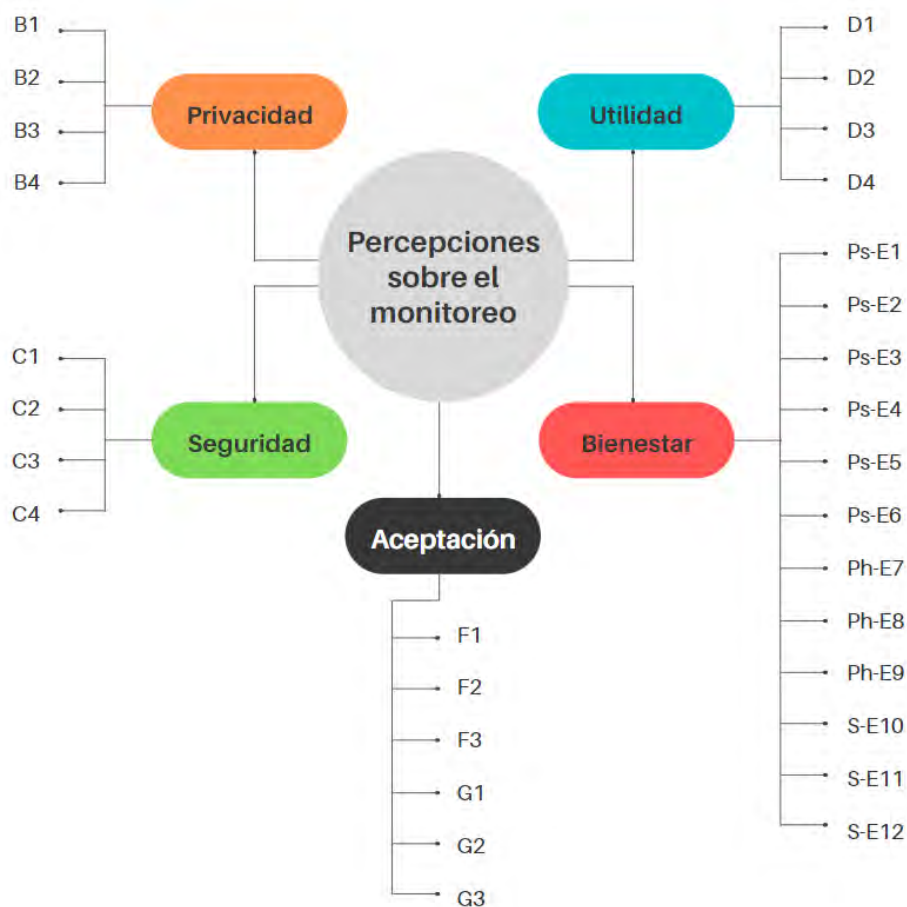


Figura 31. Estructura de sección B de encuesta

*Nota. Elaboración propia.*

Las preguntas se identifican según la codificación mostrada en la figura anterior. Asimismo, estas fueron formuladas de la forma más simple posible con la finalidad de no dificultar su entendimiento para los trabajadores. En cada una de las preguntas, el trabajador tiene 4 opciones dispuestas según la escala de Likert, donde el 1 corresponde a “totalmente desacuerdo” y el 4 a “totalmente de acuerdo”, según lo que crea conveniente, este debe marcar en el recuadro que más se adapte a su posición para cada pregunta consultada. De esta manera, se define un puntaje asociado a las encuestas con la intención de analizarlas posteriormente. El formato de la encuesta usado en esta investigación se presenta en el Anexo A.

#### 4.4.2. Resultados de las primeras impresiones de los trabajadores

Luego de experimentar las primeras impresiones del sistema de monitoreo en tiempo real con tecnología ICONS, se les invitó a los trabajadores monitoreados a completar la encuesta para que brinden sus percepciones después de este periodo corto de adaptación. Las primeras encuestas se realizaron a un total de 53 trabajadores, lo que corresponde al 67.1% del total de trabajadores monitoreados (79 personas) y 50.5% de los trabajadores invitados (105 personas). Asimismo, se observó mayor participación de la partida de acero, con 18 trabajadores participantes de la primera encuesta. Por otro lado, el menor número de participantes de la encuesta corresponde a la partida de tarrajeo con tan solo 4 trabajadores, esto es debido a la poca cantidad de personal disponible para ser parte de la investigación.

**Tabla 20**  
*Trabajadores participantes en la primera encuesta*

<b>Partidas</b>	<b>Trabajadores monitoreados</b>	<b>Participantes de primera encuesta</b>
Encofrado	23	14
Acero	18	18
Tabiquería	17	11
Instalaciones	14	6
Tarrajeo	7	4
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>53</b>
	<b>100%</b>	<b>67.1%</b>

*Nota. Elaboración propia.*

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con respecto a la información general de los trabajadores encuestados. Con respecto a la edad, la mayor parte de los trabajadores, 48.3%, presentaban una edad situada entre los 20 y 35 años, seguido del 35.0% con una edad entre los 36 y 45 años y finalmente, el menor porcentaje de edad, con 16.7%, se encuentra representado por los trabajadores entre 46 y 60 años. La experiencia es otro punto que se consideró obtener como dato de estas encuestas, de donde se obtuvo que el 46.7% de los trabajadores cuentan con poca experiencia, entre solo meses a 5 años, seguidos del 35% con una experiencia entre 6 a 15 años y, por último, los trabajadores más experimentados (mayor a 16 años) representan el 10% de la muestra analizada. Como último punto relevante de la información general, se obtuvo el porcentaje de distribución de los cargos de los trabajadores en el desarrollo del proyecto, con una mayor incidencia de operarios, 55% de los encuestados, los ayudantes representaron el 21.7%, los oficiales el 18.3%, los capataces con 3.3% y los volantes, con una representación del 1.7%.

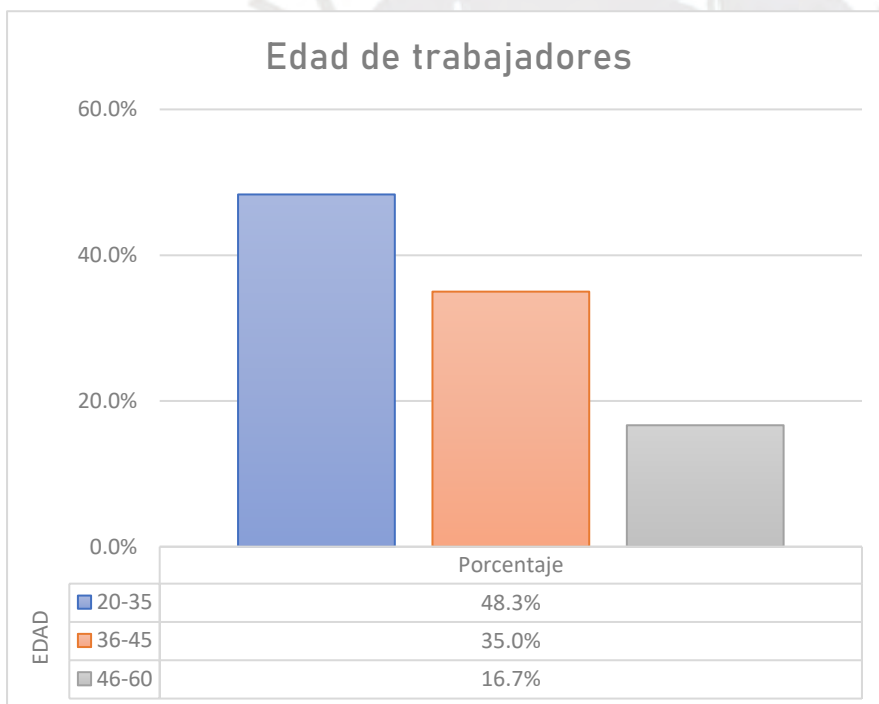


Figura 32. Distribución de trabajadores según edad en la primera encuesta

*Nota. Elaboración propia.*

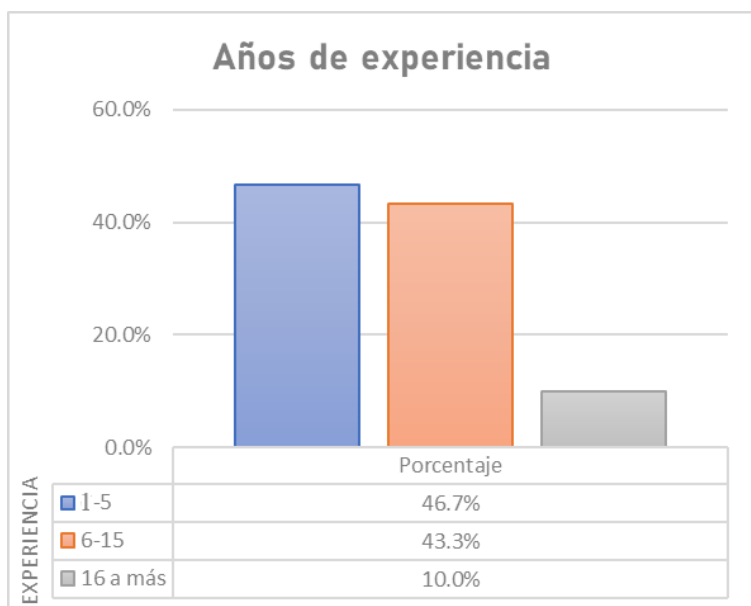


Figura 33. Distribución de trabajadores según experiencia en la primera encuesta

*Nota. Elaboración propia.*

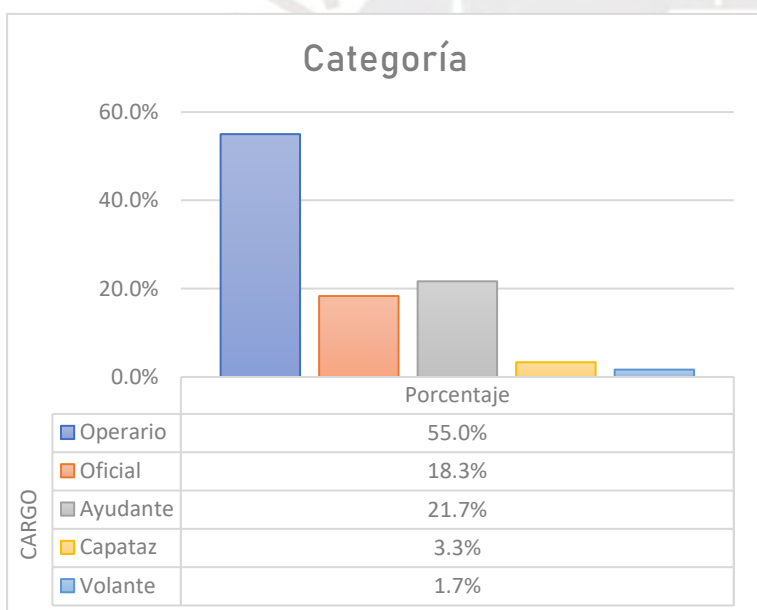


Figura 34. Distribución de trabajadores según categoría en la primera encuesta

*Nota. Elaboración propia.*

Con el procesamiento de las encuestas realizadas, se puede definir el puntaje correspondiente para cada pregunta realizada; sin embargo, a pesar de que para la mayoría de preguntas un puntaje alto indique una respuesta positiva, las preguntas Ps-E2, Ps-E3, Ps-E6, Ps-E7, Ps-8, S-E10, S-E11 y S-E12 son la excepción, en estas, la posición positiva o de conformidad al monitoreo está representada por los valores bajos. La siguiente tabla muestra los puntajes obtenidos para cada una de las preguntas formuladas.

**Tabla 21**  
Resultados obtenidos de primera encuesta

Primera encuesta	Código	Puntaje Total	Respuestas válidas	Promedio	Desv. Estandar	Varianza
<b>Privacidad</b>	<b>B_1</b>	156	50	3.12	0.627	0.393
	<b>B_2</b>	145	50	2.90	0.707	0.500
	<b>B_3</b>	161	53	3.04	0.649	0.422
	<b>B_4</b>	158	52	3.04	0.593	0.351
<b>Seguridad</b>	<b>C_1</b>	148	50	2.96	0.727	0.529
	<b>C_2</b>	138	46	3.00	0.760	0.578
	<b>C_3</b>	136	48	2.83	0.694	0.482
	<b>C_4</b>	152	50	3.04	0.755	0.570
<b>Utilidad</b>	<b>D_1</b>	156	51	3.06	0.732	0.536
	<b>D_2</b>	137	48	2.85	0.583	0.340
	<b>D_3</b>	154	52	2.96	0.559	0.312
	<b>D_4</b>	153	50	3.06	0.586	0.343
<b>Bienestar psicológico</b>	<b>Ps_E1</b>	137	49	2.80	0.645	0.416
	<b>Ps_E2</b>	89	47	1.89	0.561	0.315
	<b>Ps_E3</b>	89	49	1.82	0.441	0.195
	<b>Ps_E4</b>	138	50	2.76	0.744	0.553
	<b>Ps_E5</b>	152	52	2.92	0.652	0.425
	<b>Ps_E6</b>	99	49	2.02	0.595	0.354
<b>Bienestar físico</b>	<b>Ph_E7</b>	98	49	2.00	0.500	0.250
	<b>Ph_E8</b>	95	50	1.90	0.505	0.255
	<b>Ph_E9</b>	136	51	2.67	0.739	0.547
<b>Bienestar social</b>	<b>S_E10</b>	114	49	2.33	0.591	0.349
	<b>S_E11</b>	117	49	2.39	0.606	0.367
	<b>S_E12</b>	112	47	2.38	0.709	0.502
<b>Aceptación</b>	<b>F_1</b>	160	52	3.08	0.436	0.190
	<b>F_2</b>	127	45	2.82	0.747	0.559
	<b>F_3</b>	141	48	2.94	0.598	0.358
	<b>G_1</b>	114	39	2.92	0.580	0.336
	<b>G_2</b>	116	40	2.90	0.591	0.349
	<b>G_3</b>	116	40	2.90	0.744	0.554

*Nota. Elaboración propia.*

Los resultados obtenidos de la primera encuesta muestran una mayor puntuación en el aspecto de utilidad, con valores entre 2.85 y 3.06 de promedio en las preguntas realizadas, esto indica que, gran cantidad de trabajadores identificaron la utilidad del sistema ICONS en

aspectos de mejoramiento de la productividad y manejo de las instrucciones por parte de los supervisores, principalmente. Además, el aspecto de privacidad también mostró una mayor aceptación por parte de los trabajadores, con puntajes de 2.90 a 3.12, donde la mayor conformidad se da con respecto a mantener el registro del posicionamiento en todo momento y se muestra una reticencia con respecto a la comodidad de saber en qué momentos estos estuvieron fuera de su zona de trabajo. Al analizar el enfoque de seguridad, los puntajes se encuentran muy parecidos, siendo el indicador más desfavorable fue la conformidad de protección de maquinarias y equipos y el más favorable fue la protección de zonas peligrosas. Con respecto al aspecto psicológico, los trabajadores muestran posiciones neutrales ante el monitoreo, donde el puntaje que representa a la satisfacción alcanzó un valor de 2.80, asimismo, las condiciones de amargura y depresión no fueron parte de las percepciones de los trabajadores durante estas primeras impresiones. En el aspecto físico, los trabajadores no experimentaron estrés o cansancio debido al monitoreo en tiempo real, por otro lado, el indicador de concentración se mantuvo en una posición neutral. En el aspecto social, los resultados obtenidos muestran puntajes entre 2.33 a 2.39, esto quiere decir que gran parte de los trabajadores consideran que el monitoreo no causa algún inconveniente al interactuar en obra; sin embargo, este valor se encuentra en tendencia a una posición neutral, por lo que no se puede definir con certeza si este aspecto muestra una conformidad absoluta sobre el monitoreo. Finalmente, la aceptación del sistema de monitoreo para los encuestados fue la adecuada, a pesar de esto, esta no se puede considerar totalmente en el extremo positivo, debido a que el puntaje promedio es de 2.93 para este aspecto, lo que indica que los trabajadores perciben que este sistema es beneficioso, pero no existe una total seguridad de darle conformidad para su implementación.

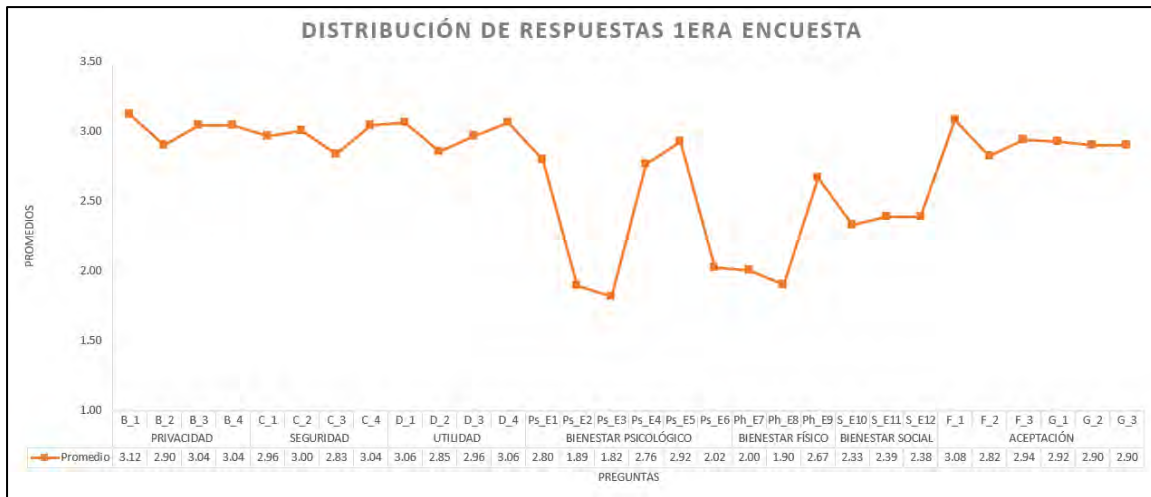


Figura 35. Distribución de respuestas de primeras impresiones

Nota. Elaboración propia.

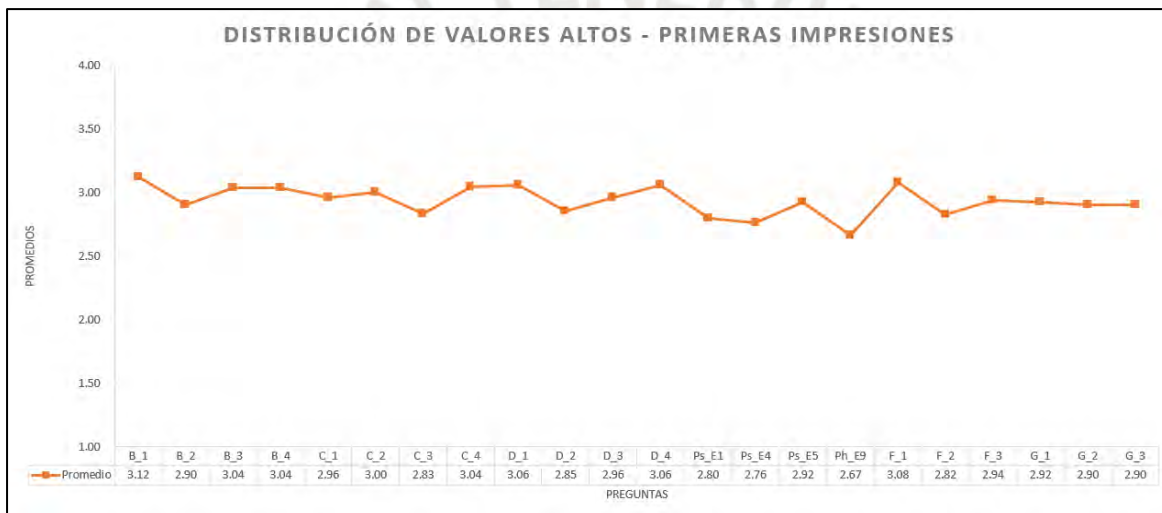


Figura 36. Distribución de respuestas de valores altos de primeras impresiones

Nota. Elaboración propia.

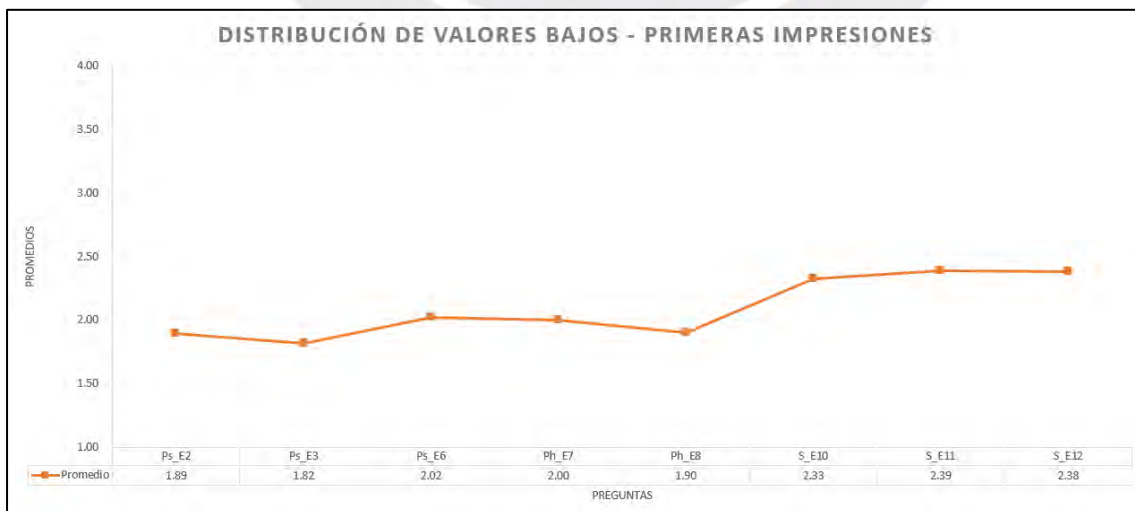


Figura 37. Distribución de valores bajos respuestas de primeras impresiones

Nota. Elaboración propia.

Para observar una mejor distribución, se presentan los puntajes obtenidos para cada pregunta de la primera encuesta realizada, así como los puntajes promedios para los indicadores que relacionan la conformidad por parte de los trabajadores en los valores bajos, así como aquellos que lo representan en los valores altos.

Los indicadores de valores altos muestran una tendencia constante a oscilar entre los 2.67 y 3.12 puntos. Además, el mayor valor se identifica en la privacidad, donde los trabajadores se perciben cómodos en permitir a la empresa que acceda a conocer el tiempo que pasan con sus compañeros (B-1), seguido de la utilidad, donde los trabajadores se mostraron conformes con la mejora en la transmisión de instrucciones con los supervisores (D-4). Por otro lado, el menor valor se observó en el aspecto físico, donde pocos trabajadores indican que el monitoreo genera una mayor concentración (Ph-E9), seguido del indicador de bienestar psicológico relacionado con la sensación de entusiasmo (Ps-E4).

Los indicadores de valores bajos se muestran mucho más constantes que los valores altos, con pocas variaciones entre los valores obtenidos. Los mayores valores se identifican en el aspecto físico, donde parte de los trabajadores presentan una posición negativa frente a la implementación, debido a que sienten afectada la interacción con sus compañeros (S-E11), interacción con la supervisión (S-E10) y ven dificultades para su libre movimiento en la zona de trabajo (S-E12). Por otro lado, los menores valores se observaron en el aspecto psicológico, donde pocos trabajadores presentaron problemas con la depresión (Ps-E3) y la amargura (Ps-E2). Cabe añadir que, fueron pocos los trabajadores que presentaron preocupación por la posibilidad de perder su trabajo, esto es debido que en un primer instante se especificó que el tratamiento de datos será de forma anónima y con fines académicos.

A continuación, los siguientes párrafos desarrollarán un análisis específico para las percepciones de privacidad, seguridad y utilidad en los trabajadores monitoreados, en base a las encuestas realizadas.

#### ***4.4.2.1. Percepción de privacidad***

En este aspecto de la encuesta, se consideraron 4 preguntas codificadas como B-1, B-2, B-3 y B-4, relacionadas con la comodidad que percibían los trabajadores al permitir saber a la empresa el tiempo que pasó con sus compañeros, saber el tiempo fuera de su zona de trabajo, conocer su posición en todo momento y mantener registro de esta, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que la mayor aceptación se da en la pregunta B-1, con un 66.0% de trabajadores “de acuerdo”, asimismo, también se presenta el mayor porcentaje de conformidad absoluta, con un 24.0% de trabajadores “totalmente de acuerdo”. Los porcentajes

del extremo negativo son pequeños; sin embargo, existe un porcentaje considerable de trabajadores que están “en desacuerdo” con respecto a la pregunta B-2, alrededor de 24.0%.

**Tabla 22**  
*Resultados de percepción de privacidad en primera encuesta*

<b>Preguntas</b>	<b>B_1</b>	<b>B_2</b>	<b>B_3</b>	<b>B_4</b>
Totalmente en desacuerdo	2.00%	2.00%	1.89%	0.00%
En desacuerdo	8.00%	24.00%	13.21%	15.38%
De acuerdo	66.00%	56.00%	64.15%	65.38%
Totalmente de acuerdo	24.00%	18.00%	20.75%	19.23%
Total de respuestas	50	50	53	52

*Nota. Elaboración propia.*

#### **4.4.2.2. Percepción de seguridad**

Con respecto a la seguridad, se consideraron 4 preguntas codificadas como C-1, C-2, C-3 y C-4, relacionadas con la percepción de protección ante riesgos de caída, elementos de izaje, maquinarias y equipos, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que la mayor aceptación se da en la pregunta C-1, con un 54.0% de trabajadores “de acuerdo”, asimismo, el mayor porcentaje de conformidad absoluta se presenta en la pregunta C-4, con un 30.0% de trabajadores “totalmente de acuerdo”. Los porcentajes del extremo negativo son pequeños; sin embargo, existe un porcentaje considerable de trabajadores que están “en desacuerdo” con respecto a la pregunta C-3, alrededor de 33.3%.

**Tabla 23**  
*Resultados de percepción de seguridad en primera encuesta*

<b>Preguntas</b>	<b>C_1</b>	<b>C_2</b>	<b>C_3</b>	<b>C_4</b>
Totalmente en desacuerdo	2.00%	0.00%	0.00%	0.00%
En desacuerdo	22.00%	28.26%	33.33%	26.00%
De acuerdo	54.00%	43.48%	50.00%	44.00%
Totalmente de acuerdo	22.00%	28.26%	16.67%	30.00%
Total de respuestas	50	46	48	50

*Nota. Elaboración propia.*

#### 4.4.2.3. Percepción de utilidad

Con respecto a la utilidad, se consideraron 4 preguntas codificadas como D-1, D-2, D-3 y D-4, relacionadas con la mejora de productividad, mejora de la distribución de materiales y equipo, mejora de calidad del área de trabajo y mejora de las instrucciones de los supervisores, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que la mayor aceptación se da en la pregunta D-3, con un 69.2% de trabajadores “de acuerdo”, asimismo, el mayor porcentaje de conformidad absoluta se presenta en la pregunta D-1, con un 27.5% de trabajadores “totalmente de acuerdo”. Los porcentajes del extremo negativo indican que existe un porcentaje considerable de trabajadores que están “en desacuerdo” con respecto a la pregunta D-2, alrededor de 25.0%. Finalmente, el porcentaje de personas que se expresaron como “totalmente en desacuerdo”, fue de 1.96%, en la pregunta D-1.

**Tabla 24**  
*Resultados de percepción de utilidad en primera encuesta*

<b>Preguntas</b>	<b>D_1</b>	<b>D_2</b>	<b>D_3</b>	<b>D_4</b>
Totalmente en desacuerdo	1.96%	0.00%	0.00%	0.00%
En desacuerdo	17.65%	25.00%	17.31%	14.00%
De acuerdo	52.94%	64.58%	69.23%	66.00%
Totalmente de acuerdo	27.45%	10.42%	13.46%	20.00%
Total de respuestas	51	48	52	50

*Nota. Elaboración propia.*

#### 4.4.3. Resultados de las impresiones finales de los trabajadores

Al culminar el periodo de monitoreo en tiempo real mediante la tecnología ICONS, se realizó una segunda encuesta con la intención de identificar variaciones en las percepciones de los trabajadores ante la herramienta implementada. Las impresiones finales se realizaron a la misma cantidad de trabajadores siendo un total de 53 trabajadores encuestados, lo que corresponde al 67.1% del total de trabajadores monitoreados (79 personas) y 50.1% de los trabajadores invitados (105 personas). Asimismo, la partida de acero continuó mostrando una participación de la mayor parte de trabajadores, en contraste con la partida de tarrajeo, quienes mantuvieron un total de 4 trabajadores encuestados.

**Tabla 25**  
*Trabajadores participantes en la segunda encuesta*

Partidas	Trabajadores monitoreados	Participantes de segunda encuesta
Encofrado	23	14
Acero	18	18
Tabiquería	17	11
Instalaciones	14	6
Tarrajeo	7	4
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>53</b>
	<b>100%</b>	<b>67.1%</b>

*Nota. Elaboración propia.*

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con respecto a la información general en la segunda encuesta. Con respecto a la edad, la mayor parte de los trabajadores, 52.7%, presentaban una edad situada entre los 20 y 35 años, seguido del 30.9% con una edad entre los 36 y 45 años y finalmente, el menor porcentaje de edad, con 16.4%, se encuentra representado por los trabajadores entre 46 y 60 años. La experiencia es otro punto que se consideró obtener como dato de estas encuestas, de donde se obtuvo que el 45.5% de los trabajadores cuentan con poca experiencia, entre solo meses a 5 años, seguidos del 45.5% con una experiencia entre 6 a 15 años y, por último, los trabajadores más experimentados (mayor a 16 años) representan el 9.1% de la muestra analizada. Como último punto relevante de la información general, se obtuvo el porcentaje de distribución de los cargos de los trabajadores en el desarrollo del proyecto, con una mayor incidencia de operarios, 56.4% de los encuestados, los ayudantes representaron el 25.5%, los oficiales el 14.5%, los capataces con 3.6% y los volantes no tuvieron representación en esta segunda encuesta.

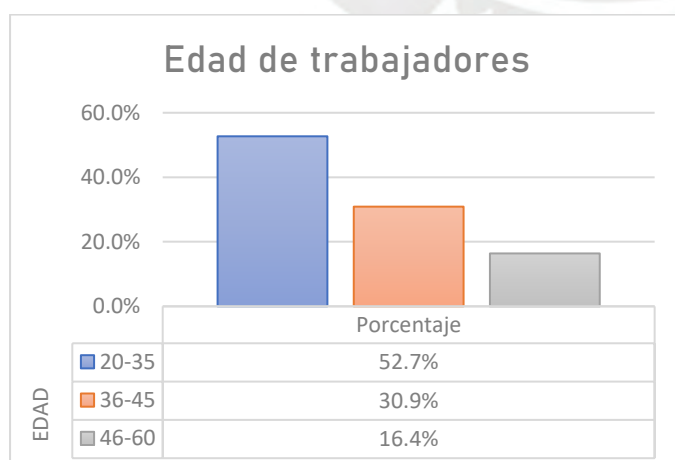


Figura 38. Distribución de trabajadores según edad en la segunda encuesta

*Nota. Elaboración propia.*

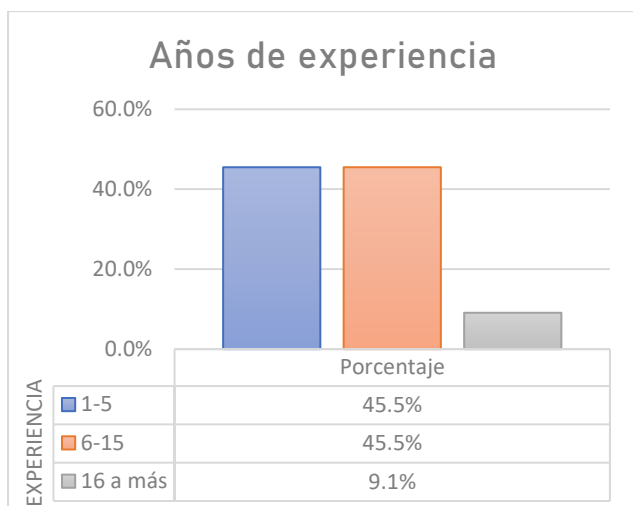


Figura 39. Distribución de trabajadores según años de experiencia en la segunda encuesta

*Nota. Elaboración propia.*

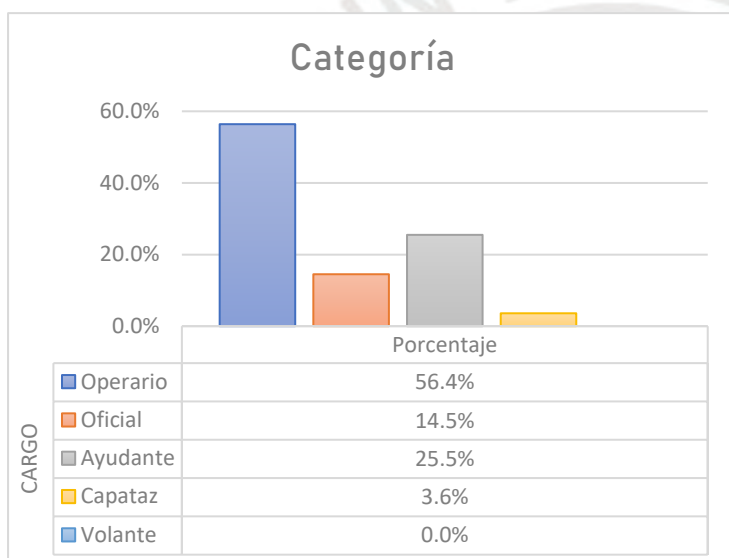


Figura 40. Distribución de trabajadores según categoría en la segunda encuesta

*Nota. Elaboración propia.*

Con el procesamiento de las encuestas realizadas, se puede definir el puntaje correspondiente para cada pregunta realizada; sin embargo, a pesar de que para la mayoría de las preguntas con un puntaje alto indiquen una respuesta positiva, las preguntas Ps-E2, Ps-E3, Ps-E6, Ps-E7, Ps-8, S-E10, S-E11 y S-E12 son la excepción, en estas, la posición positiva o de conformidad al monitoreo está representada por los valores bajos. La siguiente tabla muestra los puntajes obtenidos para cada una de las preguntas formuladas.

**Tabla 26**  
Resultados obtenidos de segunda encuesta

Segunda encuesta	Código	Puntaje Total	Respuestas válidas	Promedio	Desv. Estandar	Varianza
<b>Privacidad</b>	<b>B_1</b>	154	50	3.08	0.566	0.320
	<b>B_2</b>	146	50	2.92	0.724	0.524
	<b>B_3</b>	165	53	3.11	0.543	0.295
	<b>B_4</b>	163	52	3.13	0.627	0.393
<b>Seguridad</b>	<b>C_1</b>	142	50	2.84	0.650	0.423
	<b>C_2</b>	130	46	2.83	0.709	0.502
	<b>C_3</b>	128	48	2.67	0.724	0.525
	<b>C_4</b>	142	50	2.84	0.738	0.545
<b>Utilidad</b>	<b>D_1</b>	147	51	2.88	0.765	0.586
	<b>D_2</b>	139	48	2.90	0.555	0.308
	<b>D_3</b>	152	52	2.92	0.621	0.386
	<b>D_4</b>	149	50	2.98	0.654	0.428
<b>Bienestar psicológico</b>	<b>Ps_E1</b>	145	49	2.96	0.735	0.540
	<b>Ps_E2</b>	86	47	1.83	0.380	0.144
	<b>Ps_E3</b>	90	49	1.84	0.472	0.223
	<b>Ps_E4</b>	142	50	2.84	0.710	0.504
	<b>Ps_E5</b>	148	52	2.85	0.607	0.368
	<b>Ps_E6</b>	85	49	1.73	0.638	0.407
<b>Bienestar físico</b>	<b>Ph_E7</b>	86	49	1.76	0.434	0.189
	<b>Ph_E8</b>	89	50	1.78	0.507	0.257
	<b>Ph_E9</b>	128	51	2.51	0.644	0.415
<b>Bienestar social</b>	<b>S_E10</b>	103	49	2.10	0.621	0.385
	<b>S_E11</b>	104	49	2.12	0.564	0.318
	<b>S_E12</b>	101	47	2.15	0.589	0.347
<b>Aceptación</b>	<b>F_1</b>	160	52	3.08	0.589	0.347
	<b>F_2</b>	127	45	2.82	0.806	0.649
	<b>F_3</b>	136	48	2.83	0.694	0.482
	<b>G_1</b>	114	39	2.92	0.703	0.494
	<b>G_2</b>	116	40	2.90	0.744	0.554
	<b>G_3</b>	114	40	2.85	0.700	0.490

*Nota. Elaboración propia.*

Para la encuesta final, se muestra una mayor puntuación en el aspecto de privacidad, con valores entre 2.92 y 3.13 de promedio en las preguntas realizadas, esto indica que, gran cantidad de trabajadores están de acuerdo con las preguntas planteadas de la encuesta del sistema

ICONS, asimismo, se observa que las personas encuestadas muestran mayor conformidad con respecto a mantener registro del posicionamiento, y, por otro lado, se muestra una disconformidad sobre la comodidad de saber en qué momentos estos estuvieron fuera de su zona de trabajo. De igual manera, en el enfoque de utilidad se determinaron los valores promedios de 2.88 y 2.98, esto indica que, gran cantidad de trabajadores identificaron la utilidad del sistema ICONS en el manejo de las instrucciones por parte de los supervisores, así como se observó una menor cantidad de trabajadores conformes con la mejora de la productividad con la aplicación de este sistema. Al analizar el enfoque de seguridad, los puntajes promedios fueron de 2.67 y 2.84, lo cual significa que el indicador más desfavorable fue la conformidad de protección de maquinarias y equipos y el más favorable fue con respecto a la protección de zonas peligrosas. Con respecto al aspecto psicológico, los trabajadores muestran posiciones neutrales ante el monitoreo, donde el puntaje que representa a la satisfacción alcanzó un valor de 2.96, asimismo, las condiciones de amargura y depresión no fueron parte de las percepciones de los trabajadores durante las impresiones finales, con valores de 1.83 y 1.84, respectivamente, también, se observó como uno de los mayores indicadores positivos a la motivación, con un puntaje promedio de 2.85. En el aspecto físico, los trabajadores no experimentaron estrés o cansancio debido al monitoreo en tiempo real, con valores de 1.76 para el primero y 1.78 para el segundo, por otro lado, el indicador de concentración se mantuvo en una posición neutral, con un valor de 2.51. En el aspecto social, los resultados obtenidos muestran puntajes entre 2.10 a 2.15, esto quiere decir que gran parte de los trabajadores consideran que el monitoreo no causa algún inconveniente al interactuar en obra; cabe añadir que, con respecto a las primeras impresiones, se observó una tendencia al desacuerdo con respecto a las preguntas realizadas. Finalmente, la aceptación del sistema de monitoreo mostró un incremento en la percepción de que el monitoreo es buena idea, obteniendo un valor promedio de 3.08 para este aspecto, lo que indica una mayor afinidad y aceptación de los beneficios proporcionados por este sistema.

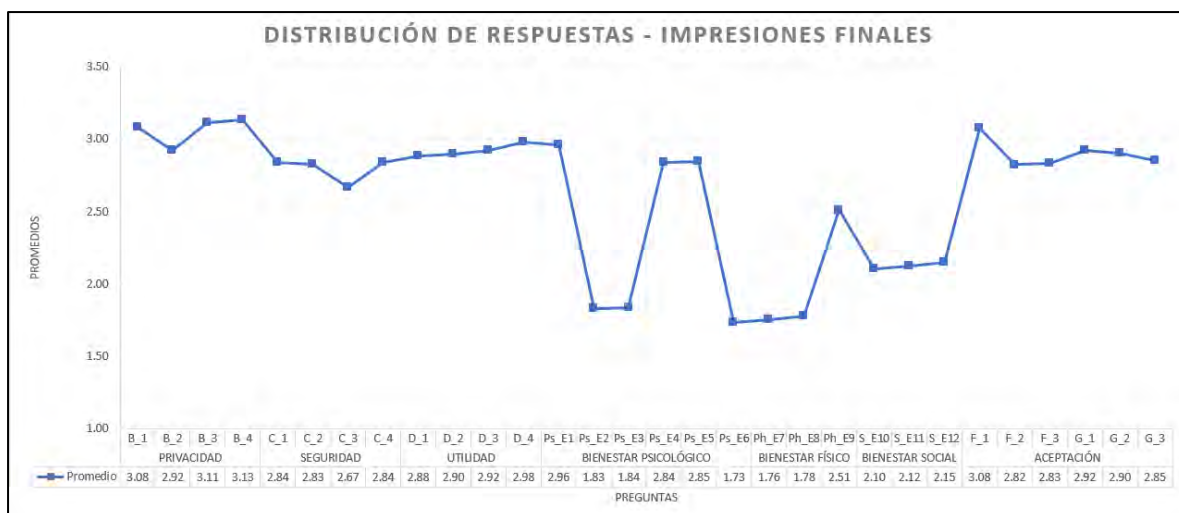


Figura 41. Distribución de respuestas de impresiones finales

Nota. Elaboración propia.



Figura 42. Distribución de respuestas de valores altos de impresiones finales

Nota. Elaboración propia.



Figura 43. Distribución de valores bajos respuestas de impresiones finales

Nota. Elaboración propia.

Para observar una mejor distribución, se presentan los puntajes obtenidos para cada pregunta de la encuesta final realizada, así como los puntajes promedios para los indicadores que relacionan la conformidad por parte de los trabajadores en los valores bajos, así como aquellos que lo representan en los valores altos.

Los indicadores de valores altos muestran gran variación, con valores promedios que oscilan entre los 2.51 y 3.13 puntos. Además, los mayores valores se identificaron en el aspecto de privacidad, donde los trabajadores perciben comodidad al permitir a la empresa mantener el registro continuo de su posicionamiento (B-4) y su posición en todo momento (B-3). Por otro lado, los menores valores se observaron en el aspecto físico, donde pocos trabajadores indican que el monitoreo genera una mayor concentración (Ph-E9), seguido del indicador relacionado a la protección ante las maquinarias y equipos (C-3).

Los indicadores de valores bajos muestran una tendencia constante a oscilar entre los 1.73 y 2.15 puntos. Donde los valores menores se relacionaron al desacuerdo en la sensación de preocupación por perder el trabajo ante el monitoreo (Ps-E6), seguido de la sensación de estrés (Ph-E7). Por otro lado, el mayor valor se observó en el aspecto social, donde la respuesta con mayor acuerdo indica que el monitoreo afectó al movimiento libre dentro de la obra (S-E12), seguido del indicador social que indica que el monitoreo afecta la interacción con compañeros de trabajo, si bien la respuesta se muestra en desacuerdo, presenta una tendencia al acuerdo por parte de los trabajadores (S-E11).

A continuación, los siguientes párrafos desarrollarán un análisis específico para las percepciones de privacidad, seguridad y utilidad en los trabajadores monitoreados, en base a las encuestas realizadas.

#### **4.4.3.1. Percepción de privacidad**

En este aspecto de la encuesta, se consideraron 4 preguntas codificadas como B-1, B-2, B-3 y B-4, relacionadas con la comodidad que percibían los trabajadores al permitir saber a la empresa el tiempo que pasó con sus compañeros, saber el tiempo fuera de su zona de trabajo, conocer su posición en todo momento y mantener registro de esta, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que la mayor aceptación se da en la pregunta B-3, con un 75.5% de trabajadores “de acuerdo”, asimismo, el mayor porcentaje de conformidad absoluta se presenta en la pregunta B-4, con un 25.0% de trabajadores “totalmente de acuerdo”. Con respecto a los trabajadores que están “en desacuerdo”, sus valores máximos se presentan en la pregunta B\_2, con un 24.0%. Finalmente, los trabajadores que están “totalmente en desacuerdo” se muestran en mayor porcentaje en la pregunta B-1 y B-2, con un valor de 2.0%.

**Tabla 27**  
*Resultados de percepción de privacidad en encuesta final*

<b>Preguntas</b>	<b>B_1</b>	<b>B_2</b>	<b>B_3</b>	<b>B_4</b>
Totalmente en desacuerdo	2.00%	2.00%	1.89%	1.92%
En desacuerdo	6.00%	24.00%	3.77%	7.69%
De acuerdo	74.00%	54.00%	75.47%	65.38%
Totalmente de acuerdo	18.00%	20.00%	18.87%	25.00%
Total de respuestas	50	50	53	52

*Nota. Elaboración propia.*

#### **4.4.3.2. Percepción de seguridad**

Con respecto a la seguridad, se consideraron 4 preguntas codificadas como C-1, C-2, C-3 y C-4, relacionadas con la percepción de protección ante riesgos de caída, elementos de izaje, maquinarias y equipos, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que la mayor aceptación se da en la pregunta C-1, con un 68.0% de trabajadores “de acuerdo”, asimismo, el mayor porcentaje de conformidad absoluta se presenta en la pregunta C-4, con un 16.0% de trabajadores “totalmente de acuerdo”. Los porcentajes del extremo negativo son pequeños; sin embargo, existe un porcentaje considerable de trabajadores que están “en desacuerdo” con respecto a la pregunta C-3, alrededor de 35.4%. Finalmente, el mayor porcentaje de personas “totalmente en desacuerdo” corresponde a la pregunta C-3 con un valor de 4.4%.

**Tabla 28**  
*Resultados de percepción de seguridad en encuesta final*

<b>Preguntas</b>	<b>C_1</b>	<b>C_2</b>	<b>C_3</b>	<b>C_4</b>
Totalmente en desacuerdo	4.00%	4.35%	4.17%	4.00%
En desacuerdo	18.00%	21.74%	35.42%	24.00%
De acuerdo	68.00%	60.87%	50.00%	56.00%
Totalmente de acuerdo	10.00%	13.04%	10.42%	16.00%
Total de respuestas	50	46	48	50

*Nota. Elaboración propia.*

#### 4.4.3.3. Percepción de utilidad

Con respecto a la utilidad, se consideraron 4 preguntas codificadas como D-1, D-2, D-3 y D-4, relacionadas con la mejora de productividad, mejora de la distribución de materiales y equipo, mejora de calidad del área de trabajo y mejora de las instrucciones de los supervisores, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que la mayor aceptación se da en la pregunta D-2, con un 68.8% de trabajadores “de acuerdo”, asimismo, el mayor porcentaje de conformidad absoluta se presenta en la pregunta D-1, con un 17.7% de trabajadores “totalmente de acuerdo”. Los porcentajes del extremo negativo indican que existe un porcentaje considerable de trabajadores que están “en desacuerdo” con respecto a la pregunta D-3, con un valor de 23.1%. Finalmente, el porcentaje de personas que se expresaron como “totalmente en desacuerdo”, fue de 5.9%, en la pregunta D-1.

**Tabla 29**  
*Resultados de percepción de utilidad en encuesta final*

Preguntas	D_1	D_2	D_3	D_4
Totalmente en desacuerdo	5.88%	0.00%	0.00%	0.00%
En desacuerdo	17.65%	20.83%	23.08%	22.00%
De acuerdo	58.82%	68.75%	61.54%	58.00%
Totalmente de acuerdo	17.65%	10.42%	15.38%	20.00%
Total de respuestas	51	48	52	50

*Nota. Elaboración propia.*

#### 4.4.4. Discusión de resultados

Para contrastar los resultados obtenidos en los dos momentos de la investigación, se realizó un análisis estadístico utilizando la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba T-Test. La primera permitió evaluar la normalidad de los datos, mientras que la segunda determinó si existía una diferencia significativa entre ambas mediciones.

En la prueba de normalidad, la serie de datos correspondiente a la encuesta realizada antes del monitoreo obtuvo un p-valor de 0.5, mientras que la serie relacionada con la encuesta posterior a la primera semana de monitoreo presentó el mismo valor de 0.5. Dado que ambos son mayores que el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , se confirmó que las series analizadas siguen una distribución normal, validando así la aplicabilidad de la prueba T-Test.

Los resultados de la prueba T-Test indicaron un t-crítico de 3.56 y un p-valor de 0.0013. Como el p-valor es inferior al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0.05$ ), se determinó que la diferencia entre las encuestas antes y después del monitoreo es estadísticamente significativa. Esta evidencia sugiere que la intervención tuvo un impacto medible en las respuestas de los trabajadores (Anexo G).

En Términos de impacto en la reacción de los trabajadores, los factores con mayor variación fueron la seguridad, privacidad y utilidad, en el orden mencionado. Donde, la seguridad mostró la mayor variación positiva, indicando un mayor acuerdo de los trabajadores en las preguntas mencionadas, seguido por la privacidad, la cual experimentó el mismo caso. Asimismo, la utilidad experimentó tanto incrementos como disminuciones en diferentes aspectos, en su mayor parte, reflejaron un mayor desacuerdo al pasar de la primera encuesta a la segunda.

La Tabla 30 presenta la comparativa de respuesta con mayor frecuencia en cada una de las preguntas realizadas, tanto en la encuesta inicial como en la final, en relación con la privacidad. La percepción de privacidad mostró una mejora significativa, donde la respuesta predominante fue “De Acuerdo”, con un aumento en promedio del 62.9% en la encuesta inicial al 67.2% en la final. Las preguntas con mayor variación fueron B3 y B1, con incrementos del 11% y 8%, respectivamente. Este cambio indica que, tras la experiencia del monitoreo, los trabajadores desarrollaron una mayor aceptación sobre permitir a la empresa saber su posición en todo momento y el tiempo que pasan con sus compañeros.

**Tabla 30**  
*Comparación de Valores de Encuesta con Respecto a la Privacidad*

	<b>B1</b>		<b>B2</b>		<b>B3</b>		<b>B4</b>	
	<b>Encuesta Inicial</b>	<b>Encuesta Final</b>	<b>Encuesta Inicial</b>	<b>Encuesta Final</b>	<b>Encuesta Inicial</b>	<b>Encuesta Final</b>	<b>Encuesta Inicial</b>	<b>Encuesta Final</b>
<b>Totalmente en Desacuerdo</b>	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	1.89%	1.89%	0.00%	1.92%
<b>En Desacuerdo</b>	8.00%	6.00%	24.00%	24.00%	13.21%	3.77%	15.38%	7.69%
<b>De Acuerdo</b>	66.00%	74.00%	56.00%	54.00%	64.15%	75.47%	65.38%	65.38%
<b>Totalmente De Acuerdo</b>	24.00%	18.00%	18.00%	20.00%	20.75%	18.87%	19.23%	25.00%

*Nota. Elaboración Propia.*

Al finalizar el monitoreo, la percepción de los trabajadores fue “De acuerdo o superior” en todos los aspectos analizados de privacidad. Sin embargo, la mayor restricción se dio en la conformidad para saber el tiempo fuera de la zona de trabajo, dado que esto reflejaría directamente tiempos no contributarios que en algunos casos los trabajadores lo ven como amenaza al considerar la idea de favorecer a despidos, llamados de atención, entre otros.

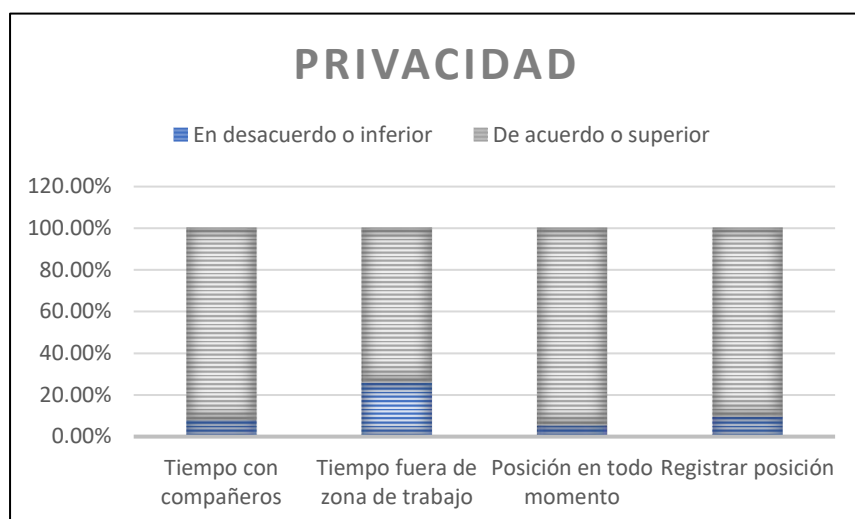


Figura 44. Percepción final de trabajadores con respecto a la Privacidad

*Nota. Elaboración propia.*

La percepción de seguridad fue la que presentó los mayores incrementos en sus valores, con un aumento promedio del 47.9% al 58.7%. Las variaciones más significativas se observaron en las preguntas C2 y C1, con incrementos del 17% y 14%, respectivamente. Estos resultados sugieren que el monitoreo en tiempo real generó una mayor sensación de control y protección entre los trabajadores, especialmente ante riesgos de caída y elementos de izaje.

**Tabla 31**

*Comparación de Valores de Encuesta con Respecto a la Seguridad*

	C1		C2		C3		C4	
	Encuesta Inicial	Encuesta Final	Encuesta Inicial	Encuesta Final	Encuesta Inicial	Encuesta Final	Encuesta Inicial	Encuesta Final
<b>Totalmente en Desacuerdo</b>	2.00%	4.00%	0.00%	4.35%	0.00%	4.17%	0.00%	4.00%
<b>En Desacuerdo</b>	22.00%	18.00%	28.26%	21.74%	33.33%	35.42%	26.00%	24.00%
<b>De Acuerdo</b>	54.00%	68.00%	43.48%	60.87%	50.00%	50.00%	44.00%	56.00%
<b>Totalmente De Acuerdo</b>	22.00%	10.00%	28.26%	13.04%	16.67%	10.42%	30.00%	16.00%

*Nota. Elaboración Propia.*

Al finalizar el monitoreo, la percepción de los trabajadores fue “De acuerdo o superior” en todos los aspectos analizados de seguridad. Alrededor del 40% de trabajadores mostraron desacuerdo con la protección ante maquinarias y equipos por medio del monitoreo. Esto refleja la necesidad de elementos de seguridad, como señaléticas adicionales a este sistema de monitoreo para evitar accidentes ante el uso de maquinarias y equipos en obra.

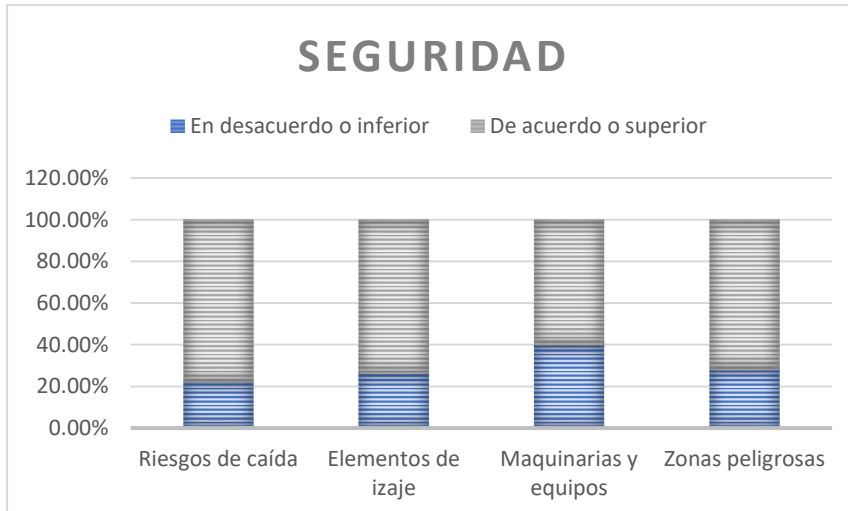


Figura 45. Percepción final de trabajadores con respecto a la Seguridad

*Nota. Elaboración propia.*

La percepción de utilidad mostró tendencias mixtas. Aunque algunos aspectos mejoraron (D1 y D2), otros experimentaron disminuciones, las preguntas D4 y D3 registraron reducciones del 8% cada una. Esto sugiere que, a pesar de ciertos beneficios percibidos, algunos trabajadores no encontraron el monitoreo tan útil como inicialmente esperaban, especialmente en mejorar la calidad del área de trabajo y mejorar las instrucciones de sus supervisores.

**Tabla 32**

*Comparación de Valores de Encuesta con Respecto a la Utilidad*

	D1		D2		D3		D4	
	Encuesta Inicial	Encuesta Final	Encuesta Inicial	Encuesta Final	Encuesta Inicial	Encuesta Final	Encuesta Inicial	Encuesta Final
<b>Totalmente en Desacuerdo</b>	1.96%	5.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>En Desacuerdo</b>	17.65%	17.65%	25.00%	20.83%	17.31%	23.08%	14.00%	22.00%
<b>De Acuerdo</b>	52.94%	58.82%	64.58%	68.75%	69.23%	61.54%	66.00%	58.00%
<b>Totalmente De Acuerdo</b>	27.45%	17.65%	10.42%	10.42%	13.46%	15.38%	20.00%	20.00%

*Nota. Elaboración Propia.*

Al finalizar el monitoreo, la percepción de los trabajadores fue “De acuerdo o superior” en todos los aspectos analizados de utilidad. En este análisis todas las preguntas realizadas presentan valores similares, por lo que se indica que los trabajadores presentaron una percepción positiva ante la utilidad del monitoreo en tiempo real en el proyecto en estudio.

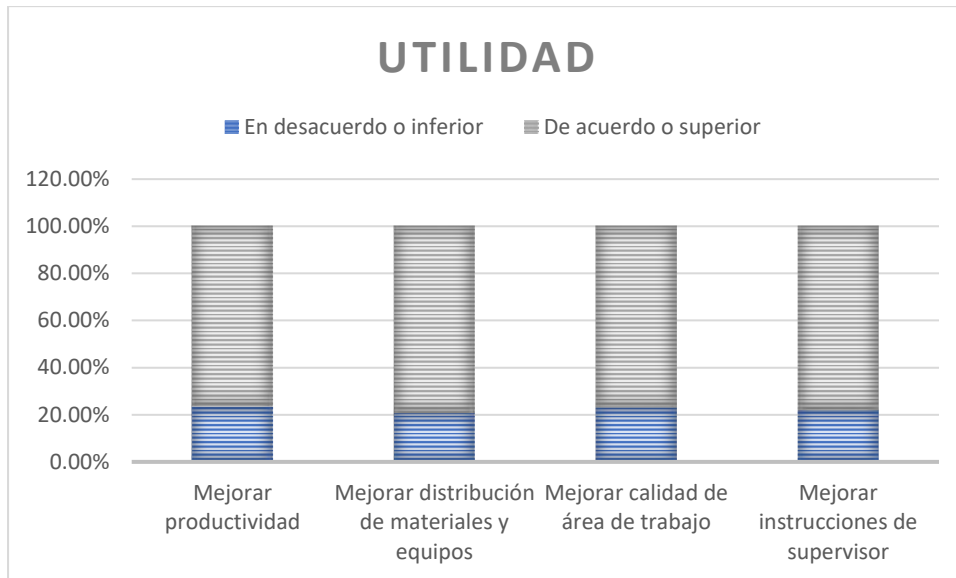


Figura 46. Percepción final de trabajadores con respecto a la Utilidad

*Nota. Elaboración propia.*

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, luego de la exposición de los resultados y el respectivo análisis de estos, se presentan las conclusiones realizadas a partir de las preguntas de investigación planteadas inicialmente.

### 5.1. Conclusiones

A partir del estudio de caso desarrollado, se evidenció una evolución significativa en la reacción de los trabajadores de construcción a medida que se familiarizaban con la implementación del sistema ICONS con tecnología BLE. En general, los resultados obtenidos concluyen que la exposición de esta tecnología, acompañada de una comunicación clara de sus beneficios y objetivos, contribuyó a transformar una actitud inicial de escepticismo hacia una postura de aceptación. Donde los niveles de acuerdo experimentaron un aumento en los aspectos de seguridad (+10.9%), privacidad (+4.3%) y, aunque en menor magnitud, una percepción estable de utilidad (-1.4%).

La situación inicial mostró un escenario de desconocimiento sobre sistemas de monitoreo en tiempo real por parte de los trabajadores. El 25% de los 105 trabajadores invitados a participar de la investigación no ingresaron por dudas respecto al propósito real del sistema, lo que se relaciona con el bajo nivel de digitalización desarrollado en la obra. Esto concluye que este tipo de implementaciones tecnológicas en proyectos de construcción requiere tanto de infraestructura técnica, así como de una estrategia de gestión del cambio adecuada para su aplicación.

Durante la primera semana de monitoreo, se identificaron comentarios de incomodidad, como por ejemplo en el uso del sensor como brazaletes, lo que se evidenció en puntuaciones polarizadas en las encuestas. Sin embargo, la familiarización con la tecnología se dio de forma progresiva, al finalizar el monitoreo, se redujo la frecuencia de respuestas negativas (“totalmente en desacuerdo” o “en desacuerdo”), desplazándose hacia opciones positivas. Además, se identificó una mejora generalizada en las percepciones relacionadas a la privacidad, bienestar psicológico, físico y social incrementaron sus puntajes al finalizar, reflejando un impacto positivo en las reacciones de los trabajadores.

La percepción de privacidad mostró un incremento significativo en la confianza para aceptar el registro de su ubicación. La percepción de seguridad mejoró en relación con la sensación de protección ante maquinarias y zonas de riesgo con la aplicación del monitoreo. En contraste, la percepción de utilidad presentó una evolución mixta, donde

los trabajadores encontraron mayor utilidad del monitoreo en mejorar la productividad y la distribución de materiales y equipos, en comparación con aspectos como la comunicación para instrucciones o mejora de la calidad del área de trabajo. Esto guarda relación con lo realizado, dado que la responsabilidad del monitoreo no recayó en la supervisión, quienes no fueron parte de esta implementación.

Finalmente, el análisis estadístico realizado (pruebas de normalidad y T-Test) confirmó la validez de los cambios observados en las percepciones obtenidas durante y al finalizar el monitoreo, brindando solidez cuantitativa a la investigación. El incremento de la reacción positiva de los trabajadores está ligado a factores como la comunicación clara del propósito del monitoreo, el anonimato en el tratamiento de datos y la percepción de beneficios. Por ello, se concluye que, el sistema ICONS presenta un alto potencial en la integración como estrategia de monitoreo en tiempo real en proyectos de construcción, siempre que vaya de la mano con la implementación ética, transparente y un acompañamiento a lo largo de su aplicación.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda capacitar al personal de trabajo, previamente al funcionamiento del sistema ICONS, asimismo, comunicar el propósito de su aplicación, resaltando su enfoque preventivo y de mejora sobre el sancionador. A lo largo de toda la implementación debe existir el acompañamiento por personal capacitado, los cuales puedan resolver sus dudas y fomenten la aceptación del monitoreo.

Se recomienda a los representantes laborales participar en procesos de planificación y monitoreo con tecnologías avanzadas, así como velar por sus derechos individuales y colectivos. Esto incluye generar cláusulas específicas del uso ético de estas tecnologías, con la intención de fortalecer la confianza y legitimidad del sistema.

Se recomienda definir cuidadosamente la ubicación de los sensores en los trabajadores, asegurando comodidad y evitando pérdidas durante la ejecución de labores. Asimismo, se sugiere utilizar alimentación portátil para los módems receptores, dado que en muchas obras no se dispone de energía eléctrica constante y los equipos requieren movilidad a lo largo del proyecto. El residente y staff de obra deben planear de forma estratégica su ubicación y movilidad de estos.

Se recomienda a las empresas la evaluación de integrar de forma permanente este sistema de monitoreo en tiempo real con tecnología BLE como parte de una estrategia

digital. Se sugiere replicar su aplicación en proyectos más amplios y diversos, en cuanto la capacidad del sistema lo permita.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ascarruz, R. S., & Esquivel, L. (2023). *ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DEL BIENESTAR Y LA ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJADORES AL MONITOREO EN TIEMPO REAL CON LA TECNOLOGÍA ICONS EN OBRA*. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/24251/ASCARRUZ\\_NEIRA\\_ROMEL\\_ANALISIS\\_PERCEPCION\\_BIENESTAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/24251/ASCARRUZ_NEIRA_ROMEL_ANALISIS_PERCEPCION_BIENESTAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bashualdo, J. C. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL POR GPS PARA LOS VEHICULOS DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHANCAY; 2017. In *Occupational Medicine* (Vol. 53, Issue 4).
- Camargo, J. L. (2009). *Modelo de Cobertura para Redes Inalámbricas de Interiores*. 63–98. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Capítulo3+-+Redes+inalámbricas+de+área+local+%28WLAN%29.pdf+>
- Kim, H., & Han, S. (2018). Accuracy improvement of real-time location tracking for construction workers. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su10051488>
- Massiris, M., Fernández, J. A., Bajo, J., & Delrieux, C. (2020). Sistema automatizado para monitorear el uso de equipos de protección personal en la industria de la construcción. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, *18*(1), 68. <https://doi.org/10.4995/riai.2020.13243>
- Mazzola, M. I. (2020). Aplicación de la Inteligencia Artificial Geoespacial a la epidemiología medio ambiental. *E.T.S. Ingeniería Informática*.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Optimiza, C. (2020). *Monitoreo en la Construcción: Control para Mayor Eficiencia*. Revista CONSTRUCTIVO. <https://optimizacontratistas.com/monitoreo-en-la-construccion-control-para-mayor-eficiencia/>
- Parra, D. S., Torres, L. M., Loaiza, L. M., Monterio, Y., & Sarmiento, V. de J. (2020). Calidad de Vida Laboral en Trabajadores de Construcción en Colombia. *POLIANTEA*, *15*. <https://journal.poligran.edu.co/index.php/poliantea/article/view/1693/1611>

Pozo, A., Ribeiro, A., García, M. C., García, L., Guinea, D., & Sandoval, F. (2015). Sistema De Posicionamiento Global (Gps): Descripción, Análisis De Errores, Aplicaciones Y Futuro. *ETS Ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Malaga*, 174. <http://www.oocities.org/es/forogps/infografia/gps5.pdf>

Rodríguez, A. L. (2023). *Importancia de implementar la seguridad industrial como mecanismo de protección colectivo para empresas del sector de la construcción civil en Colombia en los últimos cinco años* (Vol. 7, Issue 2). <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/54364/2024RodriguezAilyn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Shohet, I., Wei, H. H., Skibniewski, M., Tak, B., & Revivi, M. (2019). Integrated Communication, Control, and Command of Construction Safety and Quality. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(9). <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001679>

Urbina, A. (2019). *Monitoreo en tiempo real de la producción en un proyecto de construcción*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/14628>



## VII. ANEXOS

### 7.1 Anexo A. Formato de colaboración académica con la empresa



**COLABORACIÓN EN INVESTIGACIÓN**

Lima, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2021

Estimados

Sr (es) **Grupo TyÇ**

Atención,

En esta oportunidad nos dirigimos a ustedes para invitarlos a contribuir con el proyecto de investigación de los estudiantes Blas Contreras Quesquén, Joseluis Contreras Talledo, Leonardo Esquivel Arias y Romel Ascarruz Neira como parte de sus estudios para la obtención del título en Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Este proyecto tiene como Investigador responsable al PhD. Danny Murguía Sánchez, junto con la co-asesoría del Dr. Alonso Urbina Sánchez.

Agradeceríamos encarecidamente puedan colaborar a dicha investigación brindando como caso de estudio su proyecto denominado **"EDIFICIO HILLS CAMACHO"**.

El proyecto de investigación consiste en la implementación de un sistema de monitoreo de la productividad en tiempo real a través de sensores portados por los obreros. Para ello, se instalarán diferentes dispositivos en campo para poder registrar la posición de sus colaboradores dentro un periodo de tiempo pactado entre las partes.

Producto de esta recopilación de información, se podrá determinar el estado actual de la productividad y determinar los beneficios que se generan al implementar este tipo de sistemas.

Toda la información empresarial/comercial brindada será confidencial.


Al concluir la investigación, se espera la producción de distintos artículos científicos en los cuales se exponga los resultados de esta, en los cuales su aporte y colaboración será reconocido.

*De estar de acuerdo en aportar con la presente investigación, agradecemos firmar el presente documento y ante cualquier consulta adicional no dude en contactarnos.*

Atentamente,

<b>Blas Contreras Quesquén</b> <b>Investigador PUCP</b>	<b>Joseluis Contreras Talledo</b> <b>Investigador PUCP</b>	<b>Leonardo Esquivel Arias</b> <b>Investigador PUCP</b>
<b>Romel Ascarruz Neira</b> <b>Investigador PUCP</b>	<b>Danny Murguía Sánchez</b> <b>Responsable PUCP</b>	<b>Javier Portocarrero</b> <b>Gerente General</b>

## 7.2 Anexo B. Formato de colaboración académica con los trabajadores



### COLABORACIÓN ACADÉMICA

Tc, \_\_\_\_\_, identificado con número de DNI N° \_\_\_\_\_, acepto voluntaria y exclusivamente participar como colaborador en la investigación realizada por los estudiantes Blas Contreras, Joseluis Contreras, Leonardo Esquivel Arias y Romel Ascarruz Neira, quienes desarrollarán parte de su proyecto de tesis para la obtención del título en Ingeniería Civil con información concerniente a mi persona. Por tal motivo, apruebo portar un sensor de movimiento, el cual no impide, limita, restringe u obstaculiza mis actividades normales. Adicionalmente, que mis movimientos sean grabados únicamente en los lugares donde realizo actividades derivadas de mi trabajo y en áreas comunes.

Soy consciente que el proyecto de investigación pertenece a la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y tiene como Investigador responsable al PhD. Danny Murguía Sánchez, junto con la coasesoría del Dr. Alonso Urbina Sánchez.

Estoy de acuerdo con que el motivo del monitoreo sea para fines académicos y cuyo fin es obtener información del desplazamiento y posicionamiento de los trabajadores en el área de construcción para la optimización de los sistemas de seguridad, logísticos y productivos en los que me veo involucrado.

He sido notificado que los resultados de la investigación no repercutirán en los acuerdos previamente establecidos entre mi persona y mi empleador. Por lo tanto, estos no serán motivo de sanciones, descuentos, conflictos o alteraciones en las condiciones iniciales pactadas.

---

**Blas Contreras Quesquén**  
**Investigador PUCP**

---

**Joseluis Contreras Tallado**  
**Investigador PUCP**

---

**Leonardo Esquivel Arias**  
**Investigador PUCP**

---

**Romel Ascarruz Neira**  
**Investigador PUCP**

---

**Colaborador**

## 7.3 Anexo C. Formato de entrevista a trabajadores de construcción

### **FORMATO DE LA ENTREVISTA**

#### **1. Palabras iniciales**

(Saludos iniciales)

Lo primero es comunicarle que la información obtenida a partir de esta entrevista se utilizará exclusivamente para fines académicos. Además, la entrevista será grabada mediante una grabadora de audio con la finalidad de registrar la información sobre su impresión frente al monitoreo. Debido a que es una entrevista de carácter libre, la participación no es obligatoria. En caso no desee participar, puede negarse en este momento. Si no presenta alguna objeción, comenzaremos con la entrevista.

(Prender la grabadora)

#### **2. Preguntas iniciales**

- 2.1. ¿A qué cuadrilla pertenece y qué cargo posee en dicha cuadrilla?
- 2.2. ¿Cuántos años de experiencia posee en el rubro de la construcción?

#### **3. Preguntas por bloque**

##### 3.1. Percepción de riesgo de privacidad

- 3.1.1. ¿A lo largo del monitoreo sintió que se ha invadido su privacidad de alguna manera?
- 3.1.2. ¿Cómo se sintió al saber que podíamos conocer su ubicación en tiempo real?

##### 3.2. Percepción de utilidad

- 3.2.1. ¿Considera que el monitoreo ayudaría a mejorar su productividad o avance en obra?

##### 3.3. Percepción de mejora en seguridad

- 3.3.1. ¿Considera que el sistema de monitoreo ayudaría a mejorar la seguridad en su zona de trabajo y reducir riesgos?

##### 3.4. Bienestar físico y psicológico

- 3.4.1. ¿Cómo te sentiste durante el monitoreo? (Indagar sobre posibles efectos físicos, emocionales o psicológicos)

##### 3.5. Aceptación

- 3.5.1. ¿Volvería a participar de un futuro monitoreo?
- 3.5.2. ¿Cuál es su opinión respecto a que el monitoreo se convierta en una práctica común en las obras de construcción?

##### 3.6. Preguntas adicionales

- 3.6.1. ¿Sintió que el monitoreo pudo afectar su puesto de trabajo?

## 7.4 Anexo D. Formato de encuesta a trabajadores de construcción



### Encuesta de percepción de monitoreo

Esta es una encuesta anónima para medir las percepciones que genera en los trabajadores el hecho de ser monitoreados bajo el uso de dispositivos móviles en términos de Privacidad, Seguridad, Bienestar y Aceptación. Colocar un puntaje entre 1 - 4 para cada pregunta según su percepción personal tras la experiencia, donde 1 = "Totalmente en desacuerdo"; 2 = "En desacuerdo"; 3 = "De acuerdo" y 4 = "Completamente de acuerdo"; o No sé/No opina

COD	Sección A. Información General							
A1	Edad							
A2	Años de experiencia en el rubro							
A3	Categoría <input type="text" value="Capataz / Operario / Oficial / Ayudante"/>							
A3	Cuadrilla a la que pertenece							
A4	¿Cuánto tiempo ha sido monitoreado?							
Sección B: Percepciones sobre el monitoreo								
<i>Estoy cómodo en permitirle a la empresa ...</i>				Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	De acuerdo (3)	Totalmente de acuerdo (4)	No sé/no opina
B1	1	... Saber el tiempo que pasé con mis compañeros						
B2	2	... Saber el tiempo que pasé fuera de mi zona de trabajo						
B3	3	... Saber mi posición en todo momento						
B4	4	... Mantener registro de mi posicionamiento						
<i>El monitoreo me protege de...</i>				Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	De acuerdo (3)	Totalmente de acuerdo (4)	No sé/no opina
C1	5	... Riesgos de caída						
C2	6	... Elementos de izaje						
C3	7	... Maquinarias y equipos						
C4	8	... Zonas peligrosas						
<i>El monitoreo permite ...</i>				Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	De acuerdo (3)	Totalmente de acuerdo (4)	No sé/no opina
D1	9	... Mejorar mi productividad						

¡Muchas gracias!

\*No existe respuesta correcta o incorrecta.  
\*Ayuda de siempre su mayor honestidad.

D2	10	... Mejorar la distribución de materiales y equipos					
D3	11	... Mejorar la calidad de mi área de trabajo					
D4	12	... Mejorar las instrucciones de mis supervisores					
<b>El monitoreo te hace sentir...</b>			<b>Totalmente en desacuerdo (1)</b>	<b>En desacuerdo (2)</b>	<b>De acuerdo (3)</b>	<b>Totalmente de acuerdo (4)</b>	<b>No sé/no opina</b>
Ps-E1	13	... Satisfacción					
Ps-E2	14	... Amargura					
Ps-E3	15	... Depresión					
Ps-E4	16	... Entusiasmo					
Ps-E5	17	... Motivación					
Ps-E6	18	... Preocupado de perder tu trabajo					
Ph-E7	19	... Estrés					
Ph-E8	20	... Cansancio					
Ph-E9	21	... Mayor concentración					
<b>El monitoreo afecta tu ...</b>			<b>Totalmente en desacuerdo (1)</b>	<b>En desacuerdo (2)</b>	<b>De acuerdo (3)</b>	<b>Totalmente de acuerdo (4)</b>	<b>No sé/no opina</b>
S-E10	22	... Interacción con la supervisión					
S-E11	23	... Interacción con tus compañeros de trabajo					
S-E12	24	... Tu movimiento libre dentro de la obra					
<b>Considero que ...</b>			<b>Totalmente en desacuerdo (1)</b>	<b>En desacuerdo (2)</b>	<b>De acuerdo (3)</b>	<b>Totalmente de acuerdo (4)</b>	<b>No sé/no opina</b>
F1	25	El monitoreo es una buena idea					
F2	26	Me gustó ser monitoreado					
F3	27	El monitoreo hace el trabajo más interesante					
G1	28	Me gustaría que la empresa implemente el monitoreo en el próximo proyecto					
G2	29	Me gustaría que la empresa implemente el monitoreo lo más pronto posible					
G3	30	Me gustaría ayudar a la empresa para implementar el sistema					

¡Muchas gracias!

\*No existe respuesta correcta o incorrecta.

\*Agradecemos sus comentarios.

7.5 Anexo E. Formato de carta balance

FORMATO DE TOMA DE DATOS: CARTA BALANCE										
PROYECTO:					PARTIDA:					
MUESTREADOR:					DESCRIPCIÓN:					
N° DE FORMATO:					FECHA:					
					HORA INICIO:		HORA FIN:			
MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE										
# MEDICIÓN	Pareja 1	Pareja 2	Pareja 3	Pareja 4	Pareja 5	Pareja 6	Pareja 7	Pareja 8		
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

	Operario	Ayudante
Pareja 1		
Pareja 2		
Pareja 3		
Pareja 4		
Pareja 5		
Pareja 6		
Pareja 7		
Pareja 8		

CLASIFICACIÓN DE TRABAJOS		
TRABAJO	CÓDIGO	ACTIVIDADES
TP	1	COLOCACIÓN DE ENCOFRADO
	2	AJUSTES
TC	3	TRANSPORTE
	4	MEDICIONES
	5	INDICACIONES
	6	LIMPIEZA
	7	HABILITACION DE MATERIALES
	8	HABILITACION DE HERRAMIENTAS
FNE	9	VIAJES
	10	TIEMPO OCIO
	11	ESPERAS
	12	DESCANSO
	13	NECESIDADES FISIOLÓGICAS

									TOTAL
TP									
TC									
FNE									
TOTAL									

									TOTAL
TP									
TC									
FNE									
TOTAL									

## 7.6 Anexo F. Formato de autorización de uso de datos



**AUTORIZACIÓN DE USO DE DATOS**

Yo \_\_\_\_\_

con la firma del presente documento, autorizo de manera voluntaria, previa, explícita, informada e inequívoca a los estudiantes Blas Contreras Quesquén, Joseluis Contreras Talledo, Leonardo Esquivel Arias y Romel Ascamuz Neira, de la carrera de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), realizar el tratamiento de la información entregada (entendiéndose esta como datos de la empresa, recolección de datos del monitoreo en tiempo real de los trabajadores e información del proyecto como nombre, ubicación, etc.) para su proyecto de investigación como parte de sus estudios para la obtención del título en Ingeniería Civil.

Asimismo, autorizo la utilización de cualquier otro dato sensible como registros fotográficos, audiovisuales, entre otros, los cuales se hayan almacenado a lo largo de toda su permanencia dentro del proyecto "EDIFICIO HILLS CAMACHO".

Finalmente, entiendo que toda información brindada será únicamente utilizada para fines académicos y reconozco el derecho que me asiste para actualizar, rectificar, conocer y suprimir todos los datos personales tanto míos como de las empresas mencionadas en el trabajo de investigación

Para constancia de lo anterior, se firma en \_\_\_\_\_

el día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_

## 7.7 Anexo G. Análisis estadístico T-Test

DATOS		
CODIGO	ANTES	DESPUES
B_1	156	154
B_2	145	146
B_3	161	165
B_4	158	163
C_1	148	142
C_2	138	130
C_3	136	128
C_4	152	142
D_1	156	147
D_2	137	139
D_3	154	152
D_4	153	149
Ps_E1	137	145
Ps_E2	89	86
Ps_E3	89	90
Ps_E4	138	142
Ps_E5	152	148
Ps_E6	99	85
Ph_E7	98	86
Ph_E8	95	89
Ph_E9	136	128
S_E10	114	103
S_E11	117	104
S_E12	112	101
F_1	160	160
F_2	127	127
F_3	141	136
G_1	114	114
G_2	116	116
G_3	116	114

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Variable 1	Variable 2
Media	131.466667	127.7
Varianza	515.567816	629.941379
Observaciones	30	30
Coefficiente de correlación de Pearson	0.97551362	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	3.55740131	
P(T<=t) una cola	0.00065525	
Valor crítico de t (una cola)	1.69912703	
P(T<=t) dos colas	0.00131049	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04522964	

Estadísticos descriptivos:

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
ANTES	30	0	30	89.000	161.000	131.467	22.706
DESPUES	30	0	30	85.000	165.000	127.700	25.099

Prueba de normalidad:

Prueba de Shapiro-Wilk (ANTES):

W	0.915
valor-p (bilateral)	<b>0.020</b>
alfa	0.05

Interpretación de la prueba:

H0: Los residuos siguen una distribución Normal.

Ha: Los residuos no siguen una distribución Normal.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis

alternativa  $H_a$ .

Prueba de Shapiro-Wilk (DESPUES):

W	0.924
valor-p (bilateral)	<b>0.033</b>
alfa	0.05

Interpretación de la prueba:

$H_0$ : Los residuos siguen una distribución Normal.

$H_a$ : Los residuos no siguen una distribución Normal.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , y aceptar la hipótesis alternativa  $H_a$ .

**Prueba t para dos muestras relacionadas / Prueba bilateral:**

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:  
[ 1.601; 5.932 ]

Diferencia	3.767
t (Valor observado)	3.557
t  (Valor crítico)	2.045
GL	29
valor-p (bilateral)	<b>0.001</b>
alfa	0.05

El número de grados de libertad es aproximado por el fórmula de Welch-Satterthwaite

Interpretación de la prueba:

$H_0$ : La diferencia entre las medias es igual a 0.

$H_a$ : La diferencia entre las medias es diferente de 0.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , y aceptar la hipótesis alternativa  $H_a$ .

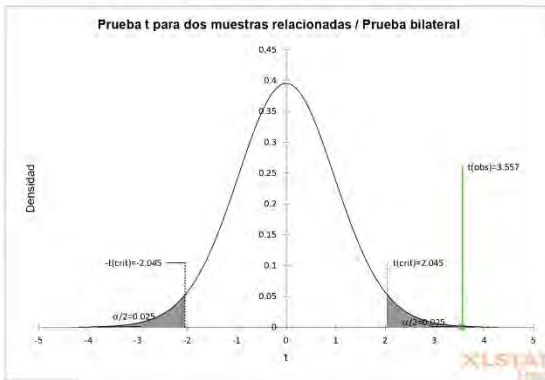


Diagrama de dominación(ANTES):

