

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DEL BIENESTAR Y LA ACEPTACIÓN DE LOS
TRABAJADORES AL MONITOREO EN TIEMPO REAL CON LA TECNOLOGÍA**

ICONS EN OBRA

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Ascarruz Neira, Romel Saúl

Esquivel Arias, Leonardo

ASESOR:

PhD. Murguía Sánchez, Danny Eduardo

CO-ASESOR:

Mag. Urbina Sánchez, Alonso

Lima, Enero, 2023

Informe de Similitud

Yo, Danny Eduardo Murguía Sánchez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado “ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DEL BIENESTAR Y LA ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJADORES AL MONITOREO EN TIEMPO REAL CON LA TECNOLOGÍA ICONS EN OBRA” de los autores:

- Ascarruz Neira, Romel Saúl
- Esquivel Arias, Leonardo

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 8%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 19/01/2023.
- 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, 23 de enero de 2023

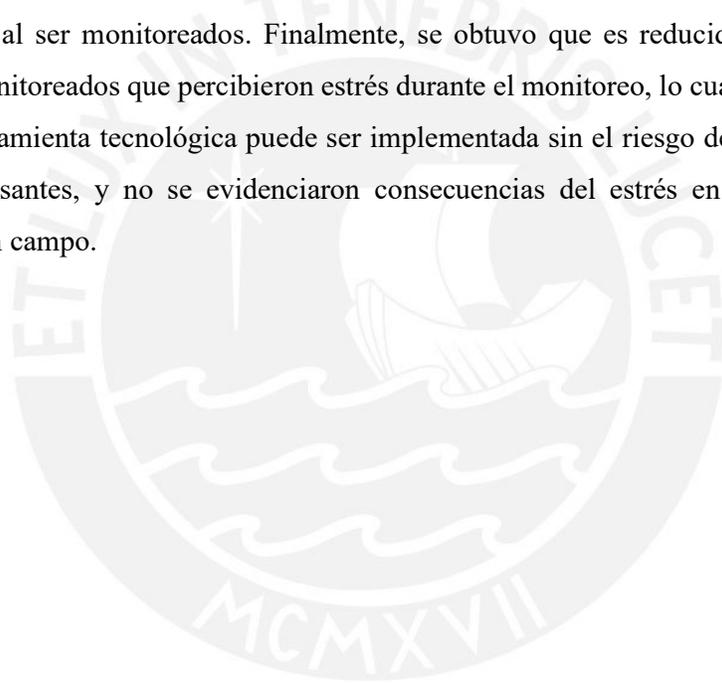
Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Murguía Sánchez, Danny Eduardo</u>	
DNI: 42283195	Firma 
ORCID: 0000-0003-1009-4058	

RESUMEN

La actual industria de la construcción busca alcanzar un mayor grado de industrialización impulsado por la implementación de instrumentos tecnológicos, tal es el caso del uso de herramientas o sistemas de monitoreo. Actualmente, existen diferentes sistemas de monitoreo que están siendo investigados por profesionales del rubro de la construcción, otros que ya han sido testeados en campo o en laboratorios, y otros que ya están siendo aplicados en proyectos ingenieriles. Las principales aplicaciones de estos sistemas son el seguimiento del personal y el monitoreo del avance de obra, permitiendo alcanzar un mayor grado de automatización en los proyectos. Esto debido a que este tipo de tecnología busca reemplazar las herramientas y técnicas convencionales que demandan una excesiva cantidad de tiempo y recursos. Entre estos sistemas de monitoreo se encuentra ICONS, el cual está compuesto de una plataforma integrada que mediante sensores recopila datos en tiempo real de varias áreas permitiendo analizar la logística de los recursos y componentes de obra. Los principales beneficios, que se asocian a la implementación de estos sistemas en obra, son la mejora en los niveles de seguridad, la gestión de los recursos en obra y el registro de datos. Sin embargo, al plantear el uso y aplicación de estas herramientas en las obras, no se toma en consideración el impacto generado en los trabajadores. Las reacciones e impresiones tienden a ser de rechazo o de inconformidad, si no existe una aceptación completa por parte de los trabajadores expuestos al monitoreo. Dicha respuesta negativa frente a la supervisión constante de su ubicación en tiempo real puede afectarlos, ocasionándoles situaciones de estrés y agotamiento, y evitando que puedan operar a altos niveles de productividad, lo cual se desalinea de los objetivos que la empresa esperaba al implementar esta herramienta. Por ello, este trabajo tiene como objetivo general evaluar la aceptación y el impacto en el bienestar de los trabajadores al utilizar sensores de la tecnología ICONS en una obra. Y como objetivos específicos, se tiene: (1) conocer la ubicación en tiempo real de los trabajadores dentro de una obra mediante un monitoreo diario con la tecnología ICONS; (2) determinar las impresiones de los trabajadores de una obra sobre el monitoreo con la tecnología ICONS; y (3) identificar las correlaciones existentes entre los aspectos utilizados para medir las percepciones de los trabajadores de una obra a ser monitoreados con la tecnología ICONS. Para lograr estos objetivos, se realiza una revisión literaria que permite una contextualización del uso de sistemas de monitoreo en obras civiles. Luego, se obtiene los instrumentos necesarios para la realización de un monitoreo en una obra de construcción; se realiza la configuración de los equipos y se implementa el sistema de

monitoreo en campo. Posteriormente, se realiza una entrevista y dos encuestas al personal obrero monitoreado, para conocer sus percepciones acerca de este.

Entre los principales hallazgos podemos identificar que los buenos resultados en las áreas evaluadas influyeron en la aceptación del sistema de monitoreo ICONS por parte de los trabajadores. Además, se evidenció que más del 80% de los trabajadores entrevistados indicaron que volverían a participar del monitoreo, lo cual demuestra que la implementación de sistemas de monitoreos es una idea aceptada por la mayoría de ellos; cabe resaltar que no se debería asumir que los trabajadores que se abstuvieron de participar del monitoreo y los que no quisieron llenar la encuesta rechazan la idea de participar de un próximo monitoreo. Por otro lado, se obtuvo que la mayoría de los trabajadores monitoreados no presentaron perjuicios en su bienestar al ser monitoreados. Finalmente, se obtuvo que es reducida la cantidad de trabajadores monitoreados que percibieron estrés durante el monitoreo, lo cual es un indicador de que esta herramienta tecnológica puede ser implementada sin el riesgo de generar puestos de trabajo estresantes, y no se evidenciaron consecuencias del estrés en los trabajadores monitoreados en campo.



Dedicatoria de Romel Ascarruz

A mi mamá, Carmen Neira, mi papá, Saúl Ascarruz, y mi hermano, Arnaldo Ascarruz, por su cariño y confianza, y por enseñarme a nunca rendirme y siempre seguir adelante pase lo que pase. A mi familia y a mis amigos que estuvieron apoyándome y acompañándome durante todo este trabajo.

Dedicatoria de Leonardo Esquivel

A mi familia por haberme brindado los recursos y el apoyo incondicional para alcanzar diferentes metas, a los profesores de la universidad que no solo me enseñaron teoría, sino que también me enseñaron valores importantes en la vida, a mis amigos que conocí en la universidad que hicieron el entorno un lugar más cálido.

Agradecimientos

A nuestros asesores por su guía y su apoyo incondicional en todas las etapas de la investigación, por sus aportes e ideas para la presente investigación y por el tiempo brindado para las reuniones,

A la Pontificia Universidad Católica del Perú por todas las enseñanzas y aprendizajes brindados, los cuales son incomparables.

A los profesores de la universidad por habernos compartido su conocimiento y sus experiencias en la vida profesional.

A Aalto University y a todo el equipo de investigadores por permitirnos utilizar el sistema ICONS en el Perú para realizar la presente investigación.

A la empresa colaboradora por brindar todas las facilidades y por su apoyo durante el monitoreo a los trabajadores de su proyecto.

A los trabajadores que aceptaron participar del monitoreo por su apoyo, sus sugerencias y su tiempo brindado durante todo el tiempo de monitoreo.

Índice General

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Presentación	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Preguntas de investigación.....	4
1.3.1. Pregunta general.....	4
1.3.2. Preguntas específicas.	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.	5
2. REVISIÓN LITERARIA	6
2.1. Sistemas de monitoreo	6
2.1.1. Radio Frequency Identification (RFID).....	6
2.1.2. Wireless Local Area Network (WLAN).....	9
2.1.3. Ultra Wideband (UWB).....	12
2.1.4. Fotogrametría.	15
2.2. Efectos del monitoreo.....	18
2.2.1. Aspectos positivos.	18
2.2.2. Aspectos negativos.....	21
2.3. Bienestar mental en el trabajo	23
2.3.1. Factores de riesgo psicosociales.	23
2.3.2. Estrés en el trabajo a causa del monitoreo.	24
2.4. Sistemas de monitoreo Intelligent Construction Site (ICONS)	25
3. METODOLOGÍA	28
3.1. Contextualización.....	28
3.2. Introducción al sistema.....	28
3.3. Sensibilización de la empresa y personal.....	31
3.4. Instalación del Sistema.....	33
3.5. Recolección de Datos	35
3.5.1. Metodología de la encuesta.....	36
3.5.2. Metodología de las entrevistas.....	38
4. CASO DE ESTUDIO	39
4.1. Descripción del proyecto.....	39
4.1.1. Planeamiento del monitoreo	42

4.2.	Monitoreo realizado a los trabajadores	44
4.2.1.	Monitoreo mediante ICONS	44
4.2.2.	Inconvenientes y limitaciones durante el monitoreo	50
4.2.3.	Resultados del monitoreo mediante ICONS	53
4.3.	Encuesta realizada a los trabajadores	59
4.3.1.	Formato de la encuesta.....	59
4.3.2.	Metodología de la encuesta.....	62
4.4.	Entrevista realizada a los trabajadores	63
4.4.1.	Diseño de la entrevista	63
4.4.2.	Metodología de la entrevista.....	64
4.4.3.	Procesamiento de la información.....	65
5.	ANÁLISIS CUANTITATIVO	66
5.1.	Resultados obtenidos en la primera encuesta	66
5.2.	Resultados obtenidos en la segunda encuesta	70
5.3.	Resultados generales de la encuesta.....	74
5.4.	Fiabilidad de los resultados	79
5.5.	Análisis de correlación de los factores evaluados en la encuesta	80
6.	ANÁLISIS CUALITATIVO.....	87
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
7.1.	Conclusiones	91
7.1.1.	Conclusiones sobre el bienestar de los trabajadores	91
7.1.2.	Conclusiones sobre la aceptación de los trabajadores	95
7.1.3.	Conclusiones de la correlación de las áreas evaluadas	97
7.2.	Recomendaciones	98
8.	REFERENCIAS	100
9.	ANEXOS	105
	Anexo A. Encuesta de percepción del monitoreo	105
	Anexo B. Cronograma de las partidas de carpintería y acero	107
	Anexo C. Cronograma de las partidas de tabiquería, instalaciones y tarrajeo	108
	Anexo D. Formato de la entrevista.....	109
	Anexo E. Codificación utilizada para los sensores	110
	Anexo F. Codificación utilizada para los módems	111
	Anexo G. Documento de ética	112

Índice de Tablas

Tabla 1	10
Ventajas de la aplicación de WLAN.....	10
Tabla 2	30
Equipos y materiales utilizados	30
Tabla 3	35
Métodos de recolección de datos	35
Tabla 4	37
Metodologías para la realización de las encuestas.....	37
Tabla 5	41
Partidas a monitorear	41
Tabla 6	43
Cronograma para la sensibilización	43
Tabla 7	47
Fechas del monitoreo de la partida de carpintería	47
Tabla 8	47
Fechas del monitoreo de la partida de acero.....	47
Tabla 9	48
Fechas del monitoreo de la partida de carpintería	48
Tabla 10	48
Fechas del monitoreo de la partida de instalaciones eléctricas y sanitarias.....	48
Tabla 11	49
Fechas del monitoreo de la partida de carpintería	49
Tabla 12	59
Número de trabajadores que participaron del monitoreo.....	59
Tabla 13	61
Número y códigos de las preguntas presentes en la encuesta	61
Tabla 14	66
Número de trabajadores que participaron de la primera encuesta	66
Tabla 15	67
Resultados de la primera encuesta por partida.....	67
Tabla 16	67
Resultados generales de la primera encuesta tomada a mitad del monitoreo	67
Tabla 17	70

Número de trabajadores que participaron de la segunda encuesta	70
Tabla 18	71
Resultados de la segunda encuesta por partida	71
Tabla 19	72
Resultados generales de la segunda encuesta tomada al final del monitoreo	72
Tabla 20	79
Interpretación de los valores del coeficiente alfa de Cronbach	79
Tabla 21	79
Valores del coeficiente alfa de Cronbach obtenidos por áreas de la encuesta.....	79
Tabla 22	80
Interpretación de los valores del coeficiente de correlación de Pearson	80
Tabla 23	81
Matriz de correlación con el coeficiente de correlación de Pearson.....	81
Tabla 24	81
Matriz de correlación de las preguntas D3 y C3	81
Tabla 25	82
Matriz de correlación de las preguntas B2 y F2	82
Tabla 26	83
Matriz de correlación de las preguntas B3 y C1	83
Tabla 27	84
Matriz de correlación de las preguntas D1 y F3	84
Tabla 28	85
Matriz de correlación de las preguntas E1 y G2	85
Tabla 29	88
Resultados generales sobre las entrevistas realizadas.....	88

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Composición de las etiquetas RFID.....	7
<i>Figura 2.</i> Caso de estudio del hotel Westin Peachtree Plaza.....	9
<i>Figura 3.</i> Espectro de banda de la tecnología UWB	12
<i>Figura 4.</i> Seguimiento de recursos mediante tecnología UWB	14
<i>Figura 5.</i> Ejemplo de fotos utilizadas para el modelo de nube de puntos	17
<i>Figura 6.</i> Investigación de la revisión literaria.....	28
<i>Figura 7.</i> Equipos y materiales utilizados para el monitoreo	29
<i>Figura 8.</i> Configuración del software.....	31
<i>Figura 9.</i> Introducción al sistema	31
<i>Figura 10.</i> Reunión con el ingeniero a cargo del proyecto.....	32
<i>Figura 11.</i> Sensibilización de la empresa y personal	33
<i>Figura 12.</i> Visita de reconocimiento de la obra	33
<i>Figura 13.</i> Llenado de documento de ética y entrega de sensores	34
<i>Figura 14.</i> Instalación del sistema.....	34
<i>Figura 15.</i> Recolección de datos	35
<i>Figura 16.</i> Primer acercamiento a obra	39
<i>Figura 17.</i> Primeras visitas a campo.....	40
<i>Figura 18.</i> Sectorización de piso típico	40
<i>Figura 19.</i> Plano de tabiquería.....	41
<i>Figura 20.</i> Zonas de trabajo a monitorear	44
<i>Figura 21.</i> Caja de madera con los equipos.....	45
<i>Figura 22.</i> Colocación de caja de madera	46
<i>Figura 23.</i> Ubicación en obra de las cajas de madera	46
<i>Figura 24.</i> Visualización del nombre del sensor y del módem	50
<i>Figura 25.</i> Entorno libre y con pocos obstáculos	51
<i>Figura 26.</i> Entorno con obstáculos.....	51
<i>Figura 27.</i> Entorno denso con obstáculos.....	51
<i>Figura 28.</i> Adhesión de los sensores en los cascos de los trabajadores	53
<i>Figura 29.</i> Brazaletes utilizados para el monitoreo	53
<i>Figura 30.</i> Ubicación de los módems Raspberry Pi durante el monitoreo de la partida de carpintería	55
<i>Figura 31.</i> Ubicación de los módems Raspberry Pi durante el monitoreo de la partida de acero	56

<i>Figura 32.</i> Ubicación de los módems Raspberry Pi durante el monitoreo de la partida de tabiquería.....	57
<i>Figura 33.</i> Ubicación de los módems Raspberry Pi durante el monitoreo de las partidas de instalaciones y tarrajeo.....	58
<i>Figura 34.</i> Formato de la encuesta	60
<i>Figura 35.</i> Grupo de trabajadores a encuestar a cargo de un investigador.....	62
<i>Figura 36.</i> Trabajadores que se guiaron personalmente	63
<i>Figura 37.</i> Distribución de las respuestas de la primera encuesta con expectativa de valores altos	69
<i>Figura 38.</i> Distribución de las respuestas de la primera encuesta con expectativa de valores bajos	70
<i>Figura 39.</i> Distribución de las respuestas de la segunda encuesta con expectativa de valores altos	74
<i>Figura 40.</i> Distribución de las respuestas de la segunda encuesta con expectativa de valores bajos	74
<i>Figura 42.</i> Percepción de aceptación de los trabajadores de instalaciones eléctricas	75
<i>Figura 43.</i> Percepción de los trabajadores frente a sentir depresión debido al monitoreo	76
<i>Figura 44.</i> Percepción de los trabajadores frente a sentir estrés debido al monitoreo	77
<i>Figura 45.</i> Percepción de los trabajadores frente a sentir una restricción de su movimiento dentro de la obra debido al monitoreo	79
<i>Figura 46.</i> Correlación gráfica entre las preguntas D3 y C3	82
<i>Figura 47.</i> Correlación gráfica entre las preguntas B2 y F2.....	83
<i>Figura 48.</i> Correlación gráfica entre las preguntas B2 y C1	84
<i>Figura 49.</i> Correlación gráfica entre las preguntas D1 y F3	85
<i>Figura 50.</i> Correlación gráfica entre las preguntas E1 y G2	86
<i>Figura 51.</i> Respuestas de los trabajadores a la entrevista realizada	90
<i>Figura 52.</i> Cantidad de trabajadores que percibieron motivación.....	92
<i>Figura 53.</i> Resultados del bienestar físico.....	93
<i>Figura 54.</i> Resultados del bienestar social	95
<i>Figura 55.</i> Resultados de las preguntas iniciales de aceptación.....	96
<i>Figura 56.</i> Resultados de las preguntas finales de aceptación.....	97

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación

Un análisis realizado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) indica que en América Latina no se produjo una mejora significativa de la productividad laboral en las últimas décadas, y que, en el caso peruano, la baja productividad de la mano de obra es identificado como el principal problema de la economía del país (Chacaltana, 2006). Actualmente, la industria de la construcción mediante el uso de estrategias de control en obra trata de superar los desafíos existentes de la medición y supervisión de la producción, y de la gestión de la seguridad. Sin embargo, a pesar del esfuerzo por parte de los profesionales de construcción de mitigar dichos problemas y de la aplicación de diversas herramientas convencionales para mejorar la supervisión de obra, el control de la seguridad no es el adecuado; debido principalmente al error humano presente durante el monitoreo y la falta de información sobre los diversos recursos de campo durante las actividades de construcción, como su ubicación en tiempo real (Skibniewski, 2014). Asimismo, pese a que actualmente se dispone de sistemas para el control de la producción como el Last Planner System, el proceso de recolección de información de los diferentes componentes de obra como el personal sigue siendo de forma manual (Olivieri, Seppänen & Peltokorpi, 2017). Frente a ello, la industria de la construcción busca alcanzar mejores niveles de producción mediante la implementación de instrumentos tecnológicos, los cuales reduzcan las deficiencias que se tienen con respecto a la medición de tareas y seguimiento del personal en obra. En los últimos años, las tecnologías de monitoreo o seguimiento han atraído la atención de los profesionales del rubro de la construcción debido a los numerosos beneficios que implica su implementación en campo. Según Lin, P., Li, Q., Fan, Q. & Gao, X. (2013) el uso de este tipo de tecnología en obras de construcción se justifica por razones que van desde brindar una mayor conciencia sobre los peligros existentes en obra para la salud y la seguridad hasta innovar el proceso de inspección de la calidad de los proyectos durante la fase de ejecución. Por ello, el conocer los posibles beneficios que implican el uso de la tecnología de monitoreo, motivó a los profesionales de la construcción a la realización de estudios de aplicación en diferentes países. En el caso peruano, se realizó previamente una investigación sobre los efectos de la tecnología de monitoreo en la productividad.

Urbina (2019), en su trabajo de investigación, para optar el grado de magister en la Pontificia Universidad Católica del Perú, analizó el uso potencial de un sistema de monitoreo

y medición automatizada como una herramienta de control de la producción mediante la implementación de este dentro de un proyecto de construcción peruano. Este sistema de monitoreo es ICONS, el cual está compuesto de una plataforma integrada que mediante sensores recopila datos en tiempo real de varias áreas permitiendo analizar la logística de los recursos y componentes de obra. El trabajo mencionado llegó a la conclusión de que el monitoreo automatizado en tiempo real dentro de las obras de construcción ayuda al control de la producción debido a la rápida llegada de datos para la toma de decisiones. Sin embargo, un punto no abarcado a cabalidad fue la impresión o reacción de los trabajadores al emplear los sensores de la tecnología ICONS, los cuales recopilan la información sobre la localización de cada trabajador en obra.

En la búsqueda de mejorar la productividad, se han desarrollado técnicas mediante el uso de nuevas tecnologías; no obstante, en ocasiones, estas técnicas han sido ineficaces debido a que han creado puestos de trabajo estresantes (Smith, Carayon, Sanders, Lim & LeGrande, 1992) debido a que el rechazo frontal del trabajador a la tecnología da lugar a patrones de comportamiento disfuncionales que dificultan y obstaculizan el correcto desempeño de su vida laboral (Chuco, 2021). Al plantear la implementación de nuevas tecnologías en las obras, no se considera el impacto provocado en los trabajadores, por lo cual se generan situaciones de estrés y agotamiento evitando que puedan operar a altos niveles de productividad. Sin embargo, son pocos los estudios enfocados en evaluar y analizar cómo afecta en el trabajador el uso de herramientas que monitorean su productividad. Por ello, el propósito del tema que planteamos para el desarrollo de esta tesis es evaluar el impacto en el bienestar y en la aceptación del trabajador de construcción que implica el monitoreo en tiempo real mediante sensores de la tecnología ICONS durante su jornada laboral.

1.2. Justificación

Según Skibniewski, M. (2014), la cantidad considerable de accidentes junto con la creciente complejidad de los proyectos de infraestructura requieren de mejores niveles de seguridad para el trabajador. Este aumento del peligro convierte a la seguridad en un reto importante a solucionar por la industria de la construcción. Agregado a lo anterior, se tiene a una industria muy dinámica y variante que siempre busca actualizarse y reducir los tiempos de producción, por lo que cada vez se asumen mayores riesgos durante la etapa de construcción. Todo ello, requiere de mejores niveles de seguridad debido a que los actuales no son suficientes para garantizar la salud e integridad del trabajador en proyectos de mediana y alta complejidad;

es por ello, por lo que se ha buscado nuevos mecanismos de supervisión y monitoreo que ayuden a enfrentar y dar solución a dicha problemática.

Por otro lado, otra dificultad presente en la industria es la inadecuada medición en campo de la productividad, la cual no ha tenido un desarrollo significativo en los últimos años. La productividad es un indicador importante de la evolución del proyecto en el tiempo, debido a que permite vincular diversos factores importantes que evidencian el desempeño en la variedad de procesos de obra como seguridad, calidad y planeación (Mejía & Hernández, 2007). La información que brinda este indicador permite a los responsables de obra conocer el estado y desarrollo del proyecto, y, a partir de ello, realizar una mejor gestión del trabajo realizado por los trabajadores. Por ello, para lograr el éxito en los proyectos, se debe tener una adecuada calidad vinculada al control del rendimiento de los trabajadores (Lin et al., 2013). Además, un adecuado proceso de planeación y gestión de las actividades debe de estar acompañado de una adecuada y constante medición de la productividad permitiendo la identificación de las actividades que deben ser optimizadas y las dificultades en la producción que deben ser subsanadas.

Los mecanismos convencionales utilizados en las obras civiles presentan una serie de dificultades que impiden afrontar los desafíos de la gestión de la seguridad y del monitoreo de la producción mencionados anteriormente. Estas dificultades o impedimentos son causados principalmente por limitaciones humanas debido que el profesional responsable no puede controlar de forma simultánea todas las tareas realizadas y, en caso pudiera, el grupo de tareas que le es posible supervisar pueden presentar errores debido al factor humano. En consecuencia, las nuevas estrategias poseen como enfoque la aplicación de diversos softwares de control; entre los cuales se encuentra la herramienta de monitoreo ICONS, la cual es un sistema innovador diseñado considerando los requisitos de control de la producción presente en obras. Sobre la herramienta ICONS, Urbina (2019) indica que es un sistema que “busca revolucionar la gestión de proyectos en la construcción a través de la creación de sistemas y proyectos inteligentes basados en la combinación de datos en tiempo real de las distintas áreas y sistemas de producción presentes en cualquier proyecto” (p. 36), de manera que permitirá registrar el posicionamiento en tiempo real de diversos elementos marcados y reportarlo al profesional pertinente. Una herramienta de monitoreo permite controlar el proceso de producción, ya que facilita la gestión de los diversos componentes del trabajo y, de forma simultánea, les provee de un mejor nivel de seguridad al personal (Olivieri et al., 2017). Por

consiguiente, a partir de la aplicación de herramientas tecnológicas en el sector de la construcción, se podrá afrontar el desafío de un adecuado nivel de productividad y seguridad en el proyecto.

Sin embargo, al tratarse de una nueva herramienta, se desconoce el impacto que pueda generar en diversos factores del sector de la construcción como lo sería el bienestar emocional de los trabajadores. Actualmente, las empresas consideran que la importancia de un trabajador ha aumentado de forma que se le considera como un talento valioso dentro de esta, por lo que es importante que todo el personal disponga de una adecuada salud mental en su entorno laboral (Castañeda, Betancourt, Salazar & Mora, 2017). Frente a este escenario, al aplicar una nueva herramienta, no solo se debe tener en consideración satisfacer las necesidades de control, sino también el impacto que puede generar en el personal. A partir de una revisión teórica y de evidencia empírica, se encontró que un sistema de monitoreo electrónico puede afectar el área de trabajo generando que el personal sienta un incremento en la carga laboral produciendo estrés en ellos (Schleifer, 1990). Asimismo, la Oficina de Evaluación de Tecnología de los Estados Unidos afirmó que existe evidencia que muestra que el seguimiento tecnológico puede afectar la situación del trabajo de forma que puede estresar al personal (Smith et al., 1992). No obstante, aún no se dispone de suficiente información para concluir si efectivamente el control constante de las actividades puede impactar de forma negativa al personal, ya que el área de la construcción es un entorno complejo en la que un trabajador se encuentra expuesto a varios factores estresantes y no se puede asumir directamente que los factores negativos en su salud mental son producto de la implementación de una nueva herramienta. Es por ello por lo que se debe analizar y estudiar los efectos en el bienestar de los trabajadores a causa de la aplicación de una nueva herramienta tecnológica que los monitoree en tiempo real y que se implemente con la finalidad de mejorar la gestión de la seguridad y la productividad, dada la falta de información que existe sobre este tema en el rubro de la construcción.

1.3. Preguntas de investigación

1.3.1. Pregunta general.

¿Cuál es el impacto que genera la implementación de la tecnología de monitoreo ICONS en el bienestar y la aceptación de los trabajadores de una obra?

1.3.2. Preguntas específicas.

- ¿Dónde están ubicados los trabajadores durante su jornada laboral dentro de una obra?
- ¿Cuáles son las impresiones de los trabajadores de una obra frente a un monitoreo con la tecnología ICONS?
- ¿Cuáles son las correlaciones existentes entre los aspectos utilizados para medir las percepciones de los trabajadores de una obra al ser monitoreados con la tecnología ICONS?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Evaluar las percepciones de la aceptación y el bienestar de los trabajadores al utilizar sensores de la tecnología ICONS en una obra

1.4.2. Objetivos específicos.

- Conocer la ubicación en tiempo real de los trabajadores dentro de una obra mediante un monitoreo diario con la tecnología ICONS
- Determinar las impresiones de los trabajadores de una obra sobre el monitoreo con la tecnología ICONS
- Identificar las correlaciones existentes entre los aspectos utilizados para medir las percepciones de los trabajadores de una obra al ser monitoreados con la tecnología ICONS

2. REVISIÓN LITERARIA

Se presentará una descripción del funcionamiento y de la situación en la que se encuentran los sistemas de monitoreos utilizados actualmente junto con un caso de aplicación o un caso de investigación que analice su aplicación en obras ingenieriles. Asimismo, se presentará los aspectos positivos y negativos que implica la implementación de un sistema de monitoreo en proyectos de construcción. Además, se presentarán los conceptos de bienestar en el trabajo y factores de riesgo psicosociales para poder presentar el tema del desarrollo de estrés en el trabajo debido a la introducción de una herramienta de monitoreo. Finalmente, se brindará una breve descripción sobre el desarrollo y el funcionamiento del sistema ICONS.

2.1. Sistemas de monitoreo

2.1.1. *Radio Frequency Identification (RFID).*

La etiqueta RFID que utiliza este sistema consta de un circuito integrado, un elemento almacenador de energía y una antena que permite realizar la comunicación entre la etiqueta y el lector (Alexandres, Rodríguez- Morcillo & Muñoz, 2006). En la Figura 1 se muestra las partes que componen a una etiqueta RFID. A continuación, se brindará detalles sobre los elementos de un sensor o etiqueta RFID y sobre su funcionamiento.

- **Circuito integrado:** Es un circuito mixto analógico-digital, el cual gestiona la comunicación; la parte analógica se encarga de controlar la alimentación y la comunicación por radiofrecuencia, mientras que la parte digital gestiona la información almacenada en la etiqueta.
- **Almacenador de energía:** Es un elemento para alimentar de energía al circuito. Dependiendo si es una etiqueta activa o pasiva, su funcionamiento cambia; la activa usa una batería para alimentar al circuito, mientras que la pasiva usa un condensador que almacena energía emitida por el lector y la utiliza para responder. Sin embargo, también existen etiquetas semi pasivas que poseen una batería para alimentar al circuito, pero no para transmitir una señal. La transmisión de señales de radiofrecuencia de una etiqueta semi pasiva posee el mismo funcionamiento que una etiqueta pasiva.
- **Encapsulado:** Es un elemento que protege a la etiqueta del ambiente exterior. Estos poseen diferente modelos y presentaciones debido a que los fabricantes ofrecen innumerables encapsulados.
- **Antena:** Es el elemento que desarrolla la función de comunicarse con la etiqueta. Existen equipos lectores con antena integrada y otros con antenas externas. Los equipos

con antenas externas son de tipo “cuadro” o con núcleo de ferrita. Las de tipo “cuadro” alcanzan mayores distancias de lectura (aprox. 1 metro) debido a su mayor tamaño, pero poseen poca direccionalidad. Las de núcleo de ferrita alcanzan rangos más reducidos (pocos centímetros), pero poseen mayor direccionalidad por lo que se pueden leer etiquetas que estén próximas entre sí.

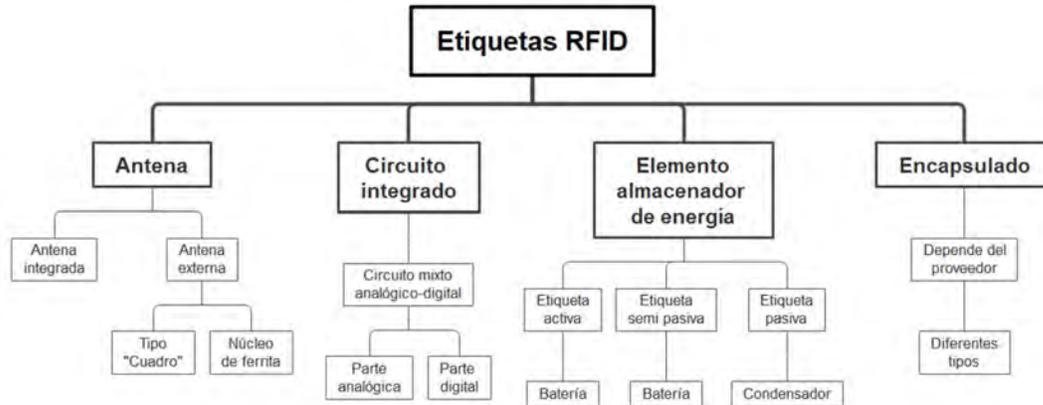


Figura 1. Composición de las etiquetas RFID

Nota. Elaboración propia.

Además de la etiqueta RFID, se debe contar con un software que permita el procesado de datos. Al seleccionar un software, se debe considerar el tipo de etiqueta, debido a que cada tipo enviará una información diferente al lector RFID. Las etiquetas que son de lectura devuelven un código único grabado al fabricar el chip, mientras que las etiquetas que son de lectura/escritura permiten leer y/o escribir una longitud mayor de información.

En los últimos años, este sistema ha sido investigado por diversos profesionales de la construcción e investigadores cercanos al rubro debido a las mejoras que ofrece durante los procesos de construcción permitiendo alcanzar la máxima eficiencia posible mediante una mejor gestión y control de los recursos. De una recopilación de artículos científicos sobre tecnologías para la gestión de la seguridad, de ocho años de duración, realizada por Skibniewski, M. (2014), se encontró que de los treinta y siete artículos publicados sobre sensores y sistemas basados en sensores casi un tercio de estos se centran en el uso de RFID. A pesar de que su principal beneficio se desarrolla en el área de seguridad, se pueden identificar algunas mejoras asociadas a su uso tales como un mejor análisis de la productividad y el eficiente rastreo o seguimiento de materiales; Costin, A., Pradhananga, N. & Teizer, J. (2012) indican que el uso de RFID permite una mejora de 8:1 en la localización de materiales respecto al seguimiento manual. Todo ello, sumado con la existencia de tecnología RFID (mayormente

hardware) a un precio asequible en el mercado, conllevó a que un mayor número de encargados de proyectos de construcción analizarán los beneficios de la implementación de esta tecnología. Según Skibniewski, M. (2014), Wu, W. et al. (2010) y Chae, S., & Yoshida, T. (2010), las principales aplicaciones del RFID en proyectos de construcción son el desarrollo de alertas tempranas de seguridad, aviso a los trabajadores de posibles riesgos, alerta de colisión de equipos, alerta de colisión entre trabajadores y equipos, alerta de posibles objetos que puedan caerse, rastreo de trabajadores, equipos y materiales, y detección tridimensional de la ubicación de sensores.

Los principales problemas en la implementación de este sistema en obra son debido a las colisiones o interferencias que se generan en campo. Esta atenuación de la señal generada por un entorno llenos de obstáculos y el ambiente cambiante presente en las obras de construcción, en ocasiones, impiden la adecuada comunicación entre la etiqueta y el lector RFID. Pese a que se están realizando investigaciones sobre cómo mejorar el intercambio de información entre etiqueta y lector, y sobre cómo mejorar la transmisión de información por radio frecuencias, este problema continúa siendo un limitante que dificulta su aplicación.

Por otro lado, estudios realizados en campo con etiquetas RFID, sugieren la utilización de etiquetas del tipo pasivo para construcciones en interiores; Costin, A. et al. (2012) indica que el uso de este tipo de etiquetas posee ventajas tales como un coste reducido, un tamaño reducido, vida operativa prolongada (no utiliza batería) y una gran capacidad de almacenamiento de datos. Sin embargo, para construcciones exteriores se deben considerar aspectos externos en la elección del tipo de etiqueta RFID a utilizar, por ejemplo: la humedad, el pH y la temperatura de la zona.

Un caso de estudio donde se ha utilizado este tipo de tecnología fue en la reparación de las ventanas del hotel Westin Peachtree Plaza (Atlanta, Georgia) las cuales fueron destruidas por un tornado. Según Costin, A. et al. (2012), se trataba de una estructura compuesta de hormigón y metal de 73 pisos situada dentro de una ciudad densamente poblada. En la Figura 2 se puede observar el edificio del caso de estudio. Para esta investigación, se utilizó la tecnología RFID para probar su viabilidad en obras de construcción, por lo cual se utilizó etiquetas RFID pasivas para monitorear a los trabajadores de construcción, los carros de materiales, los materiales y los ascensores del tipo *buck hoist*. Además, se utilizó hardware RFID existente en el mercado, mientras que el software fue desarrollado por los investigadores debido a su no disponibilidad. A partir de esta investigación, se obtuvo que la conexión

etiqueta-lector era lo suficientemente fuerte para poder atravesar cinco pisos de losa de hormigón y no se vio afectada por los elementos metálicos presentes en obra. Por otra parte, esta tecnología ayudó en la toma de decisiones diarias, el registro de datos, determinar tendencias en el proyecto y la programación de actividades. Los resultados del trabajo de investigación demostraron que la implementación exitosa de un sistema de tecnología RFID implican grandes beneficios para la gestión en obra.



Figura 2. Caso de estudio del hotel Westin Peachtree Plaza

Nota. Extraído de “Leveraging passive RFID technology for construction resource field mobility and status monitoring in a high-rise renovation project”. Costin A., Pradhananga N. & Teizer J. (2012).

2.1.2. Wireless Local Area Network (WLAN).

La red de área local inalámbrica (WLAN) es un sistema de comunicación que transmite y recibe datos utilizando ondas electromagnéticas en un área delimitada. El sistema WLAN cuenta con dos modos de operación o configuraciones: redes de igual a igual y el modo infraestructura. Según Heredia, M. (2014), la primera consiste en una red de terminales que cuentan con una tarjeta adaptadora encargada de establecer las comunicaciones inalámbricas; asimismo, afirma que para que se establezca una conexión entre dos estaciones, deben de encontrarse en el rango de cobertura radioeléctrica correspondiente a la otra estación. Entonces, un límite que presentaría este sistema radica en el rango que cada estación podría tener para comunicarse; sin embargo, dentro de esa misma zona, no es necesario que cada equipo presente una visión directa sobre el otro de forma que puede estar oculta del otro elemento y aun así mantener la conexión. En segundo lugar, la autora también indica que el otro modo que el sistema presenta es el de infraestructura; este consiste en un mínimo de un punto de acceso

conectado a la red cableada y de un set de estaciones inalámbricas, de forma que cada usuario podrá acceder a la red desde sus dispositivos por medio del punto de acceso. Asimismo, afirma que, en este modo de funcionamiento, la conexión ya no estaría limitada por la distancia entre las estaciones sino por la distancia entre la estación principal y el punto de acceso instalado; asimismo, la autora también afirma que una red puede contar con más puntos de acceso en caso se requiera abarcar una zona más amplia.

En los últimos años, la red inalámbrica de área local o WLAN ha sido una de las redes de comunicación que más ha incrementado su popularidad (Fernández, 2006); WLAN ha permitido una serie de importantes cambios al evitar la necesidad de una red de cableado atrayendo la mirada de diversas industrias que buscan optimizar sus procesos mediante esta. Según Sánchez, J. y Martínez, J. (2012) & Urbina, O. (2019), al ser una red que no necesita de cables para poder conectarse desde un dispositivo, es considerado como un sistema estable que permite que diferentes empresas puedan ampliar su información y servicios hacia los diversos usuarios. Es decir, que, mientras la persona se encuentre dentro de la zona de red, tendrá acceso a la misma desde su dispositivo móvil o laptop; esta cualidad incrementa su relevancia cuando se comparan los diferentes sistemas de monitoreo.

Debido a las ventajas que implica la utilización de un sistema de conexión inalámbrica, se ha venido incorporando en diferentes empresas, entre ellas, el de la construcción. Según Heredia, M. (2014), la aplicación de este sistema proporciona gran movilidad sin perder conectividad y presenta ventajas superiores con respecto a los sistemas que utilizan cableado. Debido a esto, actualmente, es de gran interés en el sector de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha. A continuación, en la Tabla 1 se presentarán algunas de las ventajas que impulsan la incorporación del sistema.

Tabla 1

Ventajas de la aplicación de WLAN

Ventajas de la aplicación de WLAN	
Movilidad	Permite conectarse desde cualquier lugar dentro del rango de cobertura
Productividad	El acceso a la información es en tiempo real, lo cual ayuda a la colaboración de los usuarios
Escalabilidad	La red puede ampliarse a medida que crecen las operaciones

Facilidad de instalación	Prescinde del cableado por lo que reduce el tiempo de instalación
Flexibilidad	Alcanza lugares donde el cableado no lo permite debido a que no requiere atravesar obstáculos físicos
Accesibilidad	La mayoría de los equipos portátiles y teléfonos móviles cuentan con la tecnología necesaria para conectarse a este tipo de red

Nota. Extraído de “*Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN) de alta densidad* (Doctoral dissertation, Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas)”. Heredia Peña, M. I. (2014).

En primer lugar, según Heredia, M. (2014), un factor importante para tener en cuenta de este sistema es su costo de instalación y mantenimiento, ya que resulta más rentable instalar un sistema WLAN en comparación a otros sistemas tradicionales que cuenten con una red de cableado. Esto se debe a que el sistema WLAN permite omitir el precio correspondiente a la instalación del cableado al no ser necesario para poder acceder a la red compartida debido a que los diferentes dispositivos tecnológicos se conectan de manera inalámbrica a la red. El único costo considerable que se debe tener presente es el de la ubicación e instalación de los diferentes puntos de acceso a la red, debido a que estos aparatos necesitarán estar conectados constantemente a una red de energía. Por otro lado, una ventaja importante del sistema WLAN es su amplio rango de cobertura que le brinda un mayor grado de accesibilidad a la red. La accesibilidad de este sistema es superior, en comparación con otros sistemas, debido a que la gran mayoría de equipos portátiles o equipos móviles incluyen tecnología Wi-Fi, lo cual permite a los usuarios conectarse de manera inalámbrica al sistema por medio de los diferentes puntos de acceso instalados.

Debido a los beneficios de este sistema es que se busca implementar su tecnología en proyectos de construcción. Por un lado, las ventajas que se le atribuyen al sistema, como costo o accesibilidad, incrementan su posibilidad de ser incorporado en campo. Por otro lado, una principal ventaja, que la autora también menciona, consiste en la gran movilidad que los usuarios presentan, ya que solo necesitan encontrarse en el rango de los puntos de acceso para poder conectarse a la red y compartir su información; de esta manera, el personal en campo tiene la posibilidad de movilizarse y realizar sus actividades correspondientes sin la necesidad de mantenerse estáticos para acceder a la red inalámbrica. No obstante, en los últimos años, todavía se encuentre presente la falta de información respecto a las consecuencias negativas que implica su incorporación en proyectos de construcción requiriéndose investigar las consecuencias que tendrá su incorporación. Según los investigadores Woo, S., Jeong, S., Mok,

E., Xia, L., Choi, C., Pyeon, M., & Heo, J. (2011), la mayoría de las publicaciones se enfocaron en la simulación del funcionamiento de este sistema en obra para gestionar los recursos de esta. Por ello, se decidió realizar el experimento en el sitio de construcción de un túnel de protección en Guangzhou, China, donde los investigadores realizaron este estudio con finalidad de analizar las implicaciones que tendría el aplicar el sistema de ubicación en interiores en una construcción. Mediante estas investigaciones, es posible conocer el impacto positivo como negativo que genera la herramienta en obra detectando las diferentes limitaciones que puede presentar y conocer las principales consideraciones para tener en cuenta.

2.1.3. Ultra Wideband (UWB).

Dentro de las tecnologías emergentes utilizadas para gestionar algunos de los procesos constructivos en obras, se encuentra la tecnología Ultra-Wideband (UWB) o de banda ultraancha, la cual es capaz de proporcionar información en tiempo real de las ubicaciones de los trabajadores, los materiales, los equipos y las maquinarias. UWB, como su nombre lo indica, posee un ancho de banda bastante grande, mayor a los 500 MHz, que permite una comunicación inalámbrica a través de ondas de radio frecuencia; sin embargo, este posee un alcance reducido que abarca unos pocos metros (hasta 10 metros aproximadamente) lo cual limita sus usos y aplicaciones. En la Figura 3, se puede comparar el ancho de banda de la tecnología UWB con otras tecnologías de comunicación inalámbricas.

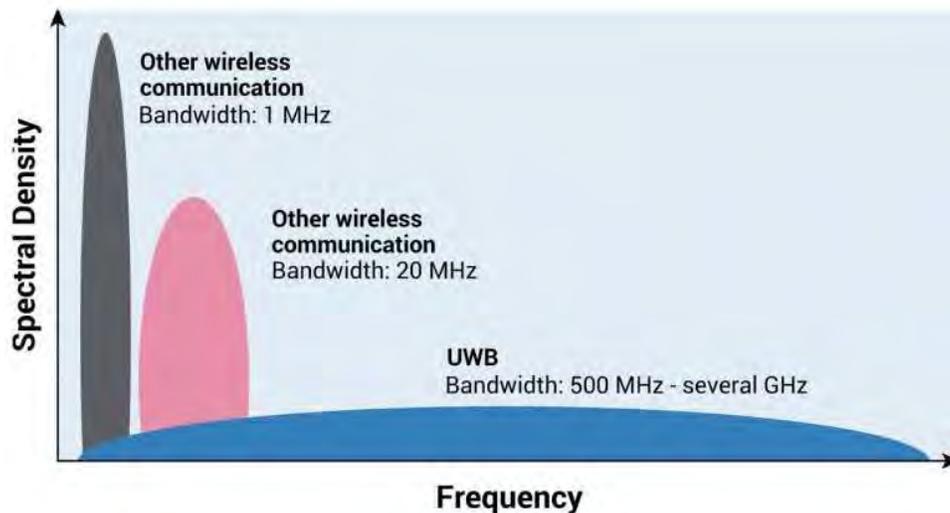


Figura 3. Espectro de banda de la tecnología UWB

Nota. Extraído de “What UWB Does”. The FiRa Consortium (2018).

UWB se diferencia de otras tecnologías, como el RFID y el WLAN, debido a su modo de transmisión; en lugar de transmitir señales sinusoidales, esta tecnología transmite impulsos

de muy cortos en tiempo, del orden de los picosegundos. Según Millán, R. (2004), es debido a la corta duración de los impulsos que el espectro de frecuencias de una señal UWB es de un ancho de banda de varios GHz (desde los 3,1 hasta los 10,6 GHz). Sin embargo, a pesar del tamaño de su ancho de banda, UWB posee la característica de trabajar con un nivel de potencia muy bajo. Según Díaz, J. (2003), la tecnología UWB emite una potencia tan baja que repartida por un ancho de banda tan grande produce niveles de señal que son comparables con niveles de ruido que soportan los receptores de otros sistemas de radiofrecuencias. Debido esto, la interferencia con otros aparatos que trabajan con radiofrecuencias es casi nula. No obstante, esta baja potencia característica de la tecnología UWB es la causa de que posean un alcance tan limitado. Por otro lado, esta restricción no supone un problema importante debido a que esta tecnología es aplicada principalmente para comunicaciones de corto alcance.

A pesar de su reducido alcance que se extiende a unos metros, posee una comunicación con menor interferencia, lo cual permite el intercambio eficaz de grandes paquetes de información. Según Díaz, J. (2003), UWB posee una mayor capacidad de penetración debido a que utiliza frecuencias bajas en vez de utilizar frecuencias altas que tienden a opacar esta capacidad. Esta propiedad de penetración es la requerida para el monitoreo en ambientes difíciles, generalmente cargados de obstáculos móviles e inmóviles, que dificultan el intercambio inalámbrico de información. Skibniewski, M. (2014) indica que, en los últimos años, se han venido realizando esfuerzos mejorar la precisión del seguimiento de la ubicación de recursos móviles en tiempo real en entornos de construcción desafiantes, complejos y con abundantes interferencias.

Esta tecnología emergente ya está siendo utilizada por otras industrias debido, principalmente, a la precisión que posee durante trabajos de localización de recursos. En el ámbito de la construcción, aunque este tipo de tecnología sea prometedora y sus aplicaciones puedan generar grandes beneficios, a menudo no se está aplicando sobre el terreno debido a diversas razones (Teizer, J. & Castro-Lacouture, D., 2007). Este tipo de herramienta podría resolver muchos problemas existentes durante la fase de construcción generados por la falta de comunicación e información, debido a que permite el procesamiento de datos en tiempo real lo cual posibilita el conocimiento del estado de la obra en todo momento; sin embargo, el personal de gestión de recursos en obras sigue confiando en los métodos de gestión existentes, en lugar de utilizar una tecnología de detección moderna. Por otro lado, en los principales estudios realizados en los laboratorios y centros de investigación, el uso del UWB se enfoca en el campo de la localización y seguimiento de activos, debido a que la precisión de la tecnología UWB es

un atributo único. Según Teizer, J., Lao, D. & Sofer, M. (2007), la detección por UWB tiene una ventaja particular en comparación con la detección por RFID, ya que proporciona valores precisos de localización, y, en comparación con el GPS, no requiere de una conexión con un satélite o una estación base. Debido a su mayor eficacia en la detección de la ubicación de los recursos de construcción es que sus potenciales aplicaciones en obra se inclinan por la medición de la productividad y el control de la seguridad.

Una investigación de la tecnología UWB realizada por Teizer, J., Lao, D. et al. (2007) tuvo como objetivo demostrar la aplicabilidad de esta tecnología para la construcción y medir su precisión en aplicaciones de campo como la seguridad de la zona de trabajo y el seguimiento de la productividad de las tareas de trabajo. Para poder evidenciar que los aportes de la tecnología UWB al seguimiento en tiempo real de los recursos y al progreso de la construcción la convertirán en una nueva herramienta para la gestión de proyectos de construcción. Para ello, se realizaron experimentos en un laboratorio y en una obra, los cuales requirieron de un procesador central, una interfaz de ordenador, nueve receptores (seis de ganancia media y tres de ganancia alta), cables blindados CAT-5e y treinta etiquetas. Cada receptor se conectaba al procesador central mediante cables, los cuales transmitían la identificación de la etiqueta y las lecturas de tiempo. A través de las pruebas realizadas, los investigadores afirman que las señales entre el receptor y la etiqueta pueden generar datos de posicionamiento bidimensional en tiempo real si se utilizan al menos tres receptores, mientras que para una detección de la ubicación en 3D en tiempo real se requiere de al menos cuatro receptores preferiblemente en lugares con una diferencia significativa de elevación.



Figura 4. Seguimiento de recursos mediante tecnología UWB

Nota. Extraído de “Rapid automated monitoring of construction site activities using ultra-wideband. In Proceedings of the 24th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Kochi, Kerala, India”. Teizer, J., Lao, D., & Sofer, M. (2007).

Según los investigadores, se concluye a partir de esta investigación que el seguimiento y la supervisión con precisión de los recursos de la construcción (mano de obra, materiales y equipos) y las actividades en tiempo real en situaciones de interior y exterior es posible gracias a la tecnología UWB. Además, que la inversión en este tipo de tecnología ofrece un alto rendimiento en la gestión de obra. Sin embargo, afirman que es necesario aún seguir explorando otras posibles aplicaciones o áreas de aplicación dentro de las obras de construcción.

2.1.4. Fotogrametría.

Es una nueva técnica utilizada para la recopilación de información que consiste en determinar la geometría tridimensional (forma, dimensiones y ubicación en el espacio) de un objeto a partir de mediciones y análisis de sus imágenes fotográfica bidimensionales; además, brinda una representación de fácil manejo de un objeto complejo. A pesar de poseer exitosas y diversas aplicaciones en diferentes industrias, recientemente se ha estudiado su funcionalidad en obras ingenieriles debido al rápido de desarrollo tecnológico, el cual permitió la fabricación de productos de mayor calidad a menor precio. Entre estos productos, se encuentran las cámaras digitales, softwares y otros componentes de los sistemas de fotogrametría que ahora están disponibles a un precio asequible dando como resultado que la fotogrametría posea una gama más amplia de aplicaciones para fines de ingeniería (Jiang, Jáuregui & White, 2008). Además, en la actualidad, los rápidos avances tecnológicos en el desarrollo de cámaras no solo permitieron la reducción del precio de las cámaras digitales, si no que permitieron el desarrollo de nuevas aplicaciones de la fotogrametría; entre ellas, se encuentra el modelado 3D que ha avanzado debido a las imágenes fotográficas obtenidas de cámaras de imagen fija de alta calidad y precisión (El-Omari & Moselhi, 2008). Para la realización de este tipo de modelado se establece un objetivo en el objeto a modelar, se identifica las coordenadas del objetivo y a partir de fotos capturadas desde diferentes posiciones y ángulos, se busca recolectar la información necesaria para el modelado tridimensional.

La fotogrametría se divide de manera general en dos categorías: la fotogrametría aérea y la fotogrametría terrestre. Básicamente esta división depende del modo de obtención de las imágenes. Por un lado, en la fotogrametría aérea, las imágenes se adquieren mediante tomas aéreas, principalmente desde un avión, y proporcionan información topográfica o geotécnica de la zona; para una adecuada captura de imágenes, es necesario una adecuada planificación de vuelo y conocer las condiciones del lugar para evitar cualquier posible dificultad que impida

recolección de información. Por otro lado, en la fotogrametría terrestre, las imágenes se adquieren en lugares cercanos o en la superficie y proporcionan información dimensional de un objeto; para ello, se necesita de una planificación eficaz del levantamiento de puntos que considere la posición apropiada de las cámaras. Cuando el tamaño del objeto y la distancia entre la cámara y el objeto son inferiores a 100 m, la fotogrametría terrestre se define como fotogrametría de corto alcance; un enfoque en el que las imágenes se adquieren alrededor de un objeto con orientaciones de cámara altamente convergentes, generalmente apuntando hacia el centro del objeto (Jiang et al., 2008). Actualmente, la fotogrametría de corto alcance es la más usada en las aplicaciones de ingeniería debido a que las redes de cámaras convergentes utilizadas en este tipo de fotogrametría proporcionan una mayor exactitud y fiabilidad.

La introducción de la fotogrametría al sector de la construcción se debió a la identificación de un inadecuado seguimiento de la producción durante la etapa de construcción. Además, la mayoría de los enfoques disponibles no ofrecen una comprensión compartida del rendimiento del proyecto en tiempo real, por lo que no logran identificar ningún desvío del proyecto respecto al calendario original (Omar, Mahdjoubi & Kheder, 2018). Debido a ello, se propusieron varios métodos o enfoques para la supervisión automatizada de los proyectos mediante la fotogrametría. Esta técnica frente a sistemas de control y gestión tradicionales posee como ventaja una recolección de datos con una mayor precisión y rapidez, un menor trabajo manual durante el procesamiento de datos, las imágenes fotográficas tomadas pueden utilizarse posteriormente para extraer información no gráfica del objetivo como el color o la textura del objeto, y permite mantener un registro de forma continua del objeto a fotografiar (El-Omari & Moselhi, 2008). Sin embargo, poseen algunas limitaciones como el análisis de objetos con propiedades geométricas complicadas tal como desmontes generados de movimientos de tierras o escombros generados en la construcción.

Un estudio elaborado por Omar, H. et al. (2018) propuso un nuevo enfoque de la fotogrametría que poseía el potencial de identificar cualquier desviación del calendario; se realizaron pruebas en una obra de construcción real obteniendo buenos resultados debido a que se demostró que el sistema era muy riguroso a la hora de supervisar, analizar, actualizar y notificar el estado de avance de la obra a los responsables de la toma de decisiones. El motivo de este innovador enfoque fue resolver el problema de la falta de control en los proyectos ya que los sistemas de supervisión predominantes no poseen la capacidad de detectar posibles retrasos. Por ello, se desarrolló un sistema capaz de detectar rápidamente los retrasos y, en consecuencia, enviar notificaciones automáticas a los responsables de la toma de decisiones.

Este sistema, diseñado para ser totalmente automatizado, utiliza una técnica de fotogrametría de corto alcance para recoger imágenes de la obra, las cuales se almacenan y fusionan en una carpeta en un servidor en la nube. Luego, estas imágenes son exportadas a un software, el cual elimina cualquier foto errática, por lo que solo las fotos seleccionadas son utilizadas para la construcción de un modelo de nube de puntos en 3D. A continuación, se compara el modelo 3D construido (*as-built*) con el modelo *as-planned* para la detección de discrepancias; estas discrepancias se sincronizan con el calendario previsto y se reconoce el estado avance de obra. En caso de que el estado de avance se desvíe de lo planificado, se envía automáticamente un correo electrónico y un SMS notificando la situación. En la Figura 5, se puede observar las fotos seleccionadas para la elaboración del modelo 3D.

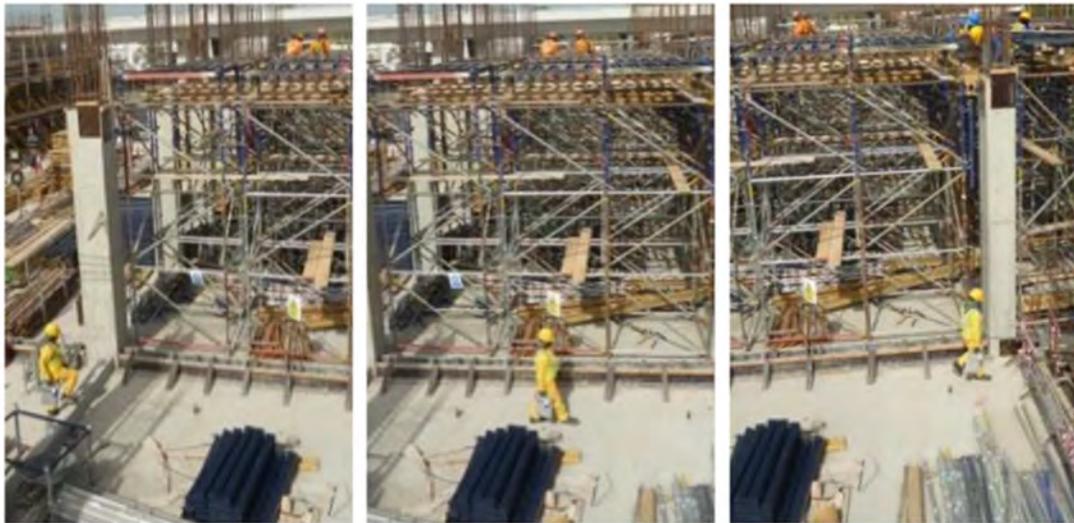


Figura 5. Ejemplo de fotos utilizadas para el modelo de nube de puntos

Nota. Extraído de “Towards an automated photogrammetry-based approach for monitoring and controlling construction site activities”. Omar H., Mahdjoubi L., & Kheder G. (2018).

A pesar de los resultados, existieron problemas que dificultaron el proceso de supervisión. De entre todos, la mayor problemática, según los investigadores, son las oclusiones, tanto las estáticas (como andamios, barras de acero, etc.) como las dinámicas (como trabajadores, maquinarias, etc.), que impiden obtener una imagen clara. Sin embargo, se propuso una técnica para reducir el impacto de las oclusiones parciales, con la cual se pudo obtener una precisión del 100% en modelado de elementos horizontales y una precisión del 99,4% en el modelado de elementos verticales.

2.2. Efectos del monitoreo

2.2.1. Aspectos positivos.

Actualmente, existen diferentes motivos por los cuales aplicar un monitoreo en tiempo real; sin embargo, en la mayoría de los casos, la implementación de sistemas y herramientas de monitoreo es debido a la mejora en la gestión de la seguridad que es la principal ventaja que posee el monitoreo. En estudios previos, los investigadores indican que “el seguimiento de la ubicación ya se ha aplicado para proporcionar una mejor documentación, análisis y comprensión de las mejores prácticas de seguridad y la corrección de las prácticas más deficientes ejecutadas en el campo” (Lin et. al, 2013, p. 2). La acción conjunta de los encargados de la seguridad en obra y de las herramientas de monitoreo de la ubicación mitigan los riesgos asociados a la seguridad evitando peligrosas prácticas constructivas, el acceso de los trabajadores a lugares peligrosos, el inseguro traslado de materiales pesados, los accidentes en obra, entre otros. Un ejemplo de este trabajo en conjunto se evidencia en la investigación realizada por Cheng, T. & Teizer, J. (2014), donde avanzadas tecnologías de levantamiento topográfico mediante escaneo láser pudieron documentar con precisión las condiciones de construcción y la trayectoria de los trabajadores permitiendo que la grúa realice sus actividades sin ningún problema dentro de las zonas ciegas de su operador. De esta manera, mediante un monitoreo general de la obra, tanto de trabajadores, materiales, maquinarias, herramientas y equipos, existe la posibilidad de mejorar las prácticas y niveles de seguridad. Además, al conocer la distribución esperada de los distintos elementos de una obra se puede mejorar la prevención de accidentes evitando los contactos resultantes de las colisiones o impactos de estos elementos, mediante un análisis de los datos en tiempo real. Por otro lado, otro enfoque del uso de tecnologías de posicionamiento en la seguridad es la detección del personal dentro de zonas peligrosas. Esto consiste en, primero, reconocer las zonas en donde existe mayor movimiento de materiales, mayores desplazamientos de equipos y maquinarias, mayor riesgo de caída del personal y mayor riesgo de caída de objetos. Una vez delimitada las zonas peligrosas, mediante herramientas que permitan realizar un seguimiento de personal en tiempo real, un gestor de la seguridad en obra podrá conocer si es que algún trabajador entra en la zona delimitada y alertarlo del peligro. Un estudio desarrollado por los investigadores Lee, U., Kim, J., Cho, H. & Kang, K. (2009), en el cual se planteó un sistema automatizado para evitar las muertes potenciales por caída en obras de construcción coreanas, realizó una prueba en campo donde concluyó que las tecnologías más avanzadas son eficaces y adecuadas para su uso en la mejora de la seguridad. Este estudio reconoció que los métodos convencionales utilizados por

los responsables de seguridad que constan de utilizar medidas preventivas como las vallas de seguridad, barandillas u otros elementos de seguridad, no eran suficiente para la prevención de accidentes debido al entorno cambiante y dinámico de las obras de construcción. Por ello, desarrollaron un sistema de adquisición automática de datos, el cual consta de cuatro fases: (1) adquisición de datos automática, (2) transmisión de datos, (3) identificación de la situación, y (4) gestión de la seguridad del trabajador. A pesar de que para una ejecución eficaz de sistemas de monitoreo similares es necesario una rápida tasa de actualización de los datos de posicionamiento de cada trabajador junto con una fuente de energía constante, estas tecnologías son adecuadas para la mejora de la seguridad. Según Teizer J., Lao, D. et al. (2007), el uso de la identificación y el posicionamiento activos de los equipos, el reconocimiento de las zonas peligrosas y el conocimiento de la ubicación de los trabajadores ayudará a reducir los sucesos mortales detectando posibles sucesos de alto nivel de peligro antes de que se produzcan. Se espera que este tipo de tecnologías disminuyan el potencial de accidentes y aumente la eficiencia de la gestión de la seguridad. Otro enfoque de la aplicación de los sistemas de monitoreo es en las obras de construcción de ingeniería subterránea debido a que la complejidad de este tipo de obras requiere una importante atención en la seguridad; es por ello por lo que se ha generado un aumento de la demanda de sistemas de supervisión automática en este rubro de la construcción debido al peligro y riesgos que implica. El monitoreo en la ingeniería subterránea generalmente supervisa la tensión, la deformación, el desplazamiento y otros parámetros que afectan a la estabilidad del terreno; sin embargo, los métodos de monitorización tradicionales adquieren los datos manualmente, lo que hace que la persona se exponga a un entorno peligroso durante mucho tiempo (Wang, Xu, Qiu, Wang, Ma, Li & Guo, 2020). Las diferentes pruebas realizadas con equipos de monitoreo exponen los posibles beneficios que implicaría su aplicación en la seguridad en las obras de construcción de todo tipo.

Por otro lado, además de ayudar a los responsables de la gestión de la seguridad, la tecnología de monitoreo también ofrece un beneficio a los trabajadores debido a que un mayor nivel de seguridad en obra implica un lugar de trabajo seguro. Para Herrera, Y., Betancur, J., Jiménez, N. & Martínez, A. (2017), “el ambiente laboral se constituye en una balanza entre la seguridad de la organización y el bienestar del trabajador, ya que el uno depende del otro” (p. 2). Si el trabajador realiza sus actividades dentro de un ambiente donde se sienta seguro, esto le generará bienestar al realizar sus actividades, lo cual se verá reflejado en su trabajo. Según Mejía, G. & Hernández, T. (2007), la mejora de las condiciones laborales generada al

incrementar la seguridad en el desarrollo de las tareas permitirá un mejoramiento de la productividad. Por ello, un sistema de seguimiento y control, al mejorar la seguridad de los trabajadores, creará un ambiente laboral seguro, lo cual garantizará un incremento de su productividad. No obstante, este tipo de tecnología, en los últimos años, también se ha aplicado como una herramienta para el seguimiento de la producción, monitoreando directamente el avance y no a los trabajadores. Este tipo de monitoreo es posible gracias a los recientes avances en las tecnologías de levantamientos espaciales in situ que han permitido adquisiciones más eficientes de los datos 3D de la infraestructura construida mediante fotogrametría, videogrametría y escaneo láser (Volk, Stengel & Schultmann, 2014). Es debido a los datos tridimensionales adquiridos, que capturan la geometría de las estructuras, que se puede realizar un seguimiento activo del progreso físico de las distintas actividades dentro de las obras de construcción. Los investigadores y los profesionales del campo de la ingeniería civil han desarrollado métodos de adquisición de datos tridimensionales mediante diversos estudios in situ que se utilizarán para el control de producción durante la fase de construcción (Son, Bosché & Kim, 2015). El proceso común entre estos métodos sigue los siguientes pasos: recolección de datos tridimensionales, generación de un modelo as-built con los datos recolectados, comparación del modelo as-built con el modelo as-design y comparación del modelo as-built con el modelo 4D planificado. De esta manera, se puede cuantificar y registrar el progreso de la construcción y contrastarlo o compararlo con lo planificado. Además de un mejor control de la producción, este tipo de sistema de monitoreo posee como beneficios la obtención del modelo as-built del proyecto de construcción, el cual contiene estado real de la construcción junto con todos los cambios realizados al diseño durante el proceso constructivo, y la opción brindar información gráfica del avance de la construcción al propietario.

Entre otros aspectos positivos del monitoreo se encuentra la mejora entorno a la rapidez y efectividad de la toma de datos en campo utilizada para la supervisión del rendimiento del trabajador. Según Ríos, C., Grau, D., Assainar, R., Ganapathy, R. & Diosdado, J. (2015), gran parte de los contratistas se quejan de la dificultad de la recolección manual de datos. Esto es debido a que este tipo de recolección suele ser tedioso y complicado por lo que demanda de mucho tiempo para su realización; además, a pesar del esfuerzo por realizar una medición de datos adecuada, termina siendo un proceso deficiente debido que parte de los datos suelen ser inexactos o erróneos. Cada enfoque basado en la recopilación manual de información requiere de una cantidad considerable de trabajo humano para recopilar y analizar los datos, que finalmente es propenso a errores humanos (Costin et al., 2012). Sin embargo, al realizar una

supervisión mediante un monitoreo tecnológico, se puede superar a la supervisión mediante un registro de datos manual, alcanzando un nivel superior de control de la producción.

2.2.2. Aspectos negativos.

A pesar de la ventaja que genera la aplicación de la tecnología de monitoreo en el aumento de la producción, en algunas ocasiones una mala implementación de esta tecnología puede generar problemas con los trabajadores que son monitoreados provocando efectos adversos a los esperados. Actualmente, no se debe percibir al trabajador como un sujeto aislado el cual solo vive para producir; sino que también es un individuo que piensa, siente, se comunica, puede tomar decisiones y genera relaciones laborales (Herrera et al., 2017). Comúnmente solo se considera la mejora de la producción al momento de implementar esta nueva tecnología, dejando de lado las posibles repercusiones en los trabajadores debido a que el trabajador concibe preliminarmente que el monitoreo invade su privacidad, limita sus relaciones laborales y genera una presión de trabajo extra. Frente a ello, es necesario que las técnicas de mejoramiento productivo se conciban implementarse desde etapas tempranas (Mejía et al., 2007). La implementación temprana de esta tecnología permite una primera familiarización y aceptación de los trabajadores. De esta manera, la integración progresiva de la tecnología evita un rechazo por parte del trabajador. Sin embargo, si no existe una aceptación completa al monitoreo, se desencadenan algunos problemas que podrían afectar el rendimiento. Para Smith, M. et al. (1992), “las aplicaciones actuales del control electrónico del rendimiento (EPM), se basan en teorías de diseño del trabajo que no tienen en cuenta el estrés del trabajador y que probablemente generen un rendimiento laboral insatisfactorio e improductivo” (p. 17). Por ende, al aplicar técnicas de monitoreo del rendimiento de los empleados mediante herramientas tecnológicas, se debe lograr la aceptación completa por parte de los trabajadores; de lo contrario, no tendrá éxito su aplicación porque se habrán creado un ambiente laboral y puestos de trabajo estresantes que repercutirán directamente en su productividad.

Por otro lado, se debe considerar que las tecnologías de monitoreo no pueden ser aplicadas aún de manera regular en todas las obras de construcción. Para la implementación de estas tecnologías, se debe realizar previamente un análisis costo-beneficio para poder conocer el tipo de sistema de monitoreo más adecuado; sin embargo, el costo del equipo necesario puede ser alto e impedir su implementación. La tecnología de detección y sus aplicaciones prometen tener grandes beneficios para la industria de la construcción, pero a menudo no se aplican sobre el terreno debido al alto coste y al riesgo de fracaso durante la fase inicial de

implementación (NIST, 2006). Debido a que la tecnología no ha llegado a introducirse ampliamente en el mercado de la construcción, el precio del hardware y del software requerido para el monitoreo de un proyecto de construcción aún son altos, lo que impide su implementación en proyectos de bajo o mediano presupuesto. Sin un hardware adecuado que pueda funcionar de forma fiable en el entorno de la construcción, cualquier intento de implantar un sistema de captura de datos fracasará con toda seguridad (Ward, Thorpe, Price & Wren, 2004). Por ende, la posibilidad de utilizar tecnologías de seguimiento se encuentra limitada por el costo de los equipos, y sin el equipo adecuado no sería posible una captura de datos funcional y eficaz.

En ensayos y estudios realizados en campo, se han podido encontrar ciertos inconvenientes y problemas en la aplicación de estos sistemas. Las velocidades de transmisión de datos dependen del entorno en el que se realice la conexión, por lo que las velocidades a alcanzar varían dependiendo del entorno (Ward, M. et al., 2004). La construcción tiene un entorno cambiante debido a la alta movilidad de los recursos dentro la obra, la construcción de muros de concreto, la generación de desmontes, entre otros factores, que generan obstáculos o interferencias que dificultan la adecuada transmisión inalámbrica de información entre los lectores y los receptores de datos. Otro inconveniente, son el cuidado de los dispositivos. Debido a que para el monitoreo de recursos son necesarios dispositivos móviles que sigan los recursos y se trasladen a las zonas que se desean monitorear, estos están expuestos a daños lo cual pone potencialmente en riesgo al recojo de datos. Además, debido a la movilidad que necesitan estos equipos, es necesario para su uso baterías ya que no siempre se dispondrá de una fuente de energía continua en la zona a monitorear. Estas limitaciones exigen que se tenga un control activo de los datos y del estado del dispositivo, lo que aumenta la complejidad de la tarea de recogida de datos (Ward M. et al., 2004). Para poder realizar un adecuado seguimiento, se tendría que realizar del mismo modo una adecuada supervisión de los equipos para evitar la pérdida de datos o el deterioro de los equipos.

Por último, el último inconveniente es la seguridad de la información. La propagación de las señales de los sistemas de monitoreo que poseen una comunicación inalámbrica, no siempre se realiza únicamente dentro del espacio privado de la obra, sino que puede pasar a espacios públicos. Poco después de que se desarrollara WEP (*Wired Equivalent Privacy*), una serie de estudios de investigación independientes comenzaron a exponer sus debilidades criptográficas (Alliance, 2003). Si un sistema de monitoreo utiliza redes de conexión inalámbrica mediante Wifi, existe el posible riesgo de que la red pueda ser vulnerada; el riesgo

es aún mayor si la señal llega a espacios públicos. Los piratas informáticos pueden descifrar y leer los datos de un enlace inalámbrico protegido por el cifrado WEP incorporado, e incluso pueden acceder a los datos de una red cableada a través de un punto de acceso Wifi (Hole, Dyrnes & Thorsheim, 2005). Para una mayor protección de la seguridad de la información se pueden instalar medidas de seguridad propias; sin embargo, esto aumentaría el costo de la implementación de las tecnologías

2.3. Bienestar mental en el trabajo

A lo largo de los años, en los diferentes trabajos, las personas han sido expuestas a diferentes riesgos durante sus labores que atentan y ponen en peligro su salud física, por lo que las empresas de diversos sectores han ido implementando medidas que tengan como finalidad resguardar del peligro a sus trabajadores; según Rodríguez (2009), sin importar el tipo de actividad que se realice, las personas siempre estarán expuestas a diferentes riesgos o peligros. Es por ello, que para resguardar el bienestar de los trabajadores se han ido implementando diferentes estrategias y medidas con la finalidad de mejorar el nivel de seguridad dentro del trabajo y así prevenir accidentes que afecten a la persona de forma física como mental. A pesar de que, actualmente, se ha estudiado con mayor profundidad las medidas para afrontar las condiciones en el trabajo que afecten la salud física, no se profundiza aún en los factores del trabajo que pueden afectar la salud mental de los trabajadores. En los últimos años, se ha ido desarrollando un enfoque más humanista con el personal trabajador, ya que dejó de ser considerado como solo un sujeto que vive para producir y consumir para convertirse en un colaborador estratégico de la empresa debido a su potencial (Herrera et al., 2017). Es por ello por lo que se han ido implementando diferentes medidas para poder proporcionarle un lugar de trabajo óptimo en el cual pueda desarrollar sus actividades con protección.

2.3.1. Factores de riesgo psicosociales.

Hoy en día, la mayoría de los estudios de seguridad en el área laboral están centrados en el aspecto físico y existe una gran falta de información de las condiciones que pueden generar problemas en el bienestar emocional y en como estas pueden tener impacto en el rendimiento de cada ser humano (Oswald, Borg & Sherratt, 2019). No obstante, esta falta de conocimiento ha ido acortándose en las últimas décadas, ya que diversos estudios han demostrado la existencia de afecciones de salud mental que se producen en las personas, en especial, en la población trabajadora, de manera que se tiene en foco de atención los factores psicosociales (Rodríguez, 2009). Estos factores son definidos por el OIT (1984), por una parte,

como las interrelaciones entre el trabajo, su medio ambiente, la satisfacción que el personal presenta en el trabajo y las condiciones dentro de su organización a las que están expuestos y, por otro lado, todas sus capacidades, sus necesidades, su cultura y las condiciones fuera del trabajo que puedan influir en su rendimiento laboral. Entonces, dada importancia de estos factores es que se ha incrementado la necesidad de estudiar las condiciones a las que los trabajadores se ven expuestos en sus trabajos para evitar que los factores psicosociales terminen convirtiéndose en factores de riesgo psicosocial.

Cuando un entorno laboral no es saludable y se producen problemas en la salud mental, a las condiciones nocivas que provocan este entorno se las conoce como factores de riesgo psicosocial (Álvarez, Londoño, Posada & Jáuregui, 2016). Estos factores de riesgo afectan el desenvolvimiento de los trabajadores dentro de la organización, debido a que provocan respuestas de inadaptación que desencadenan reacciones de tensión. Una interacción deficiente entre las condiciones laborales con los trabajadores puede generar un impacto negativo al rendimiento del personal, a la satisfacción que sienten en su zona de empleo y a su propia estabilidad emocional (Naranjo, 2011). Es por ello por lo que las empresas deben reconocer los desencadenantes de la ocurrencia de estos factores y reducirlos para evitar que los trabajadores presenten efectos negativos en su rendimiento, problemas de salud mental y niveles de estrés elevados. Por lo tanto, se puede afirmar que el bienestar emocional del personal es tan importante como su propia salud física ya que ambos aspectos deben de ser monitoreados, de manera que se les pueda garantizar un lugar de trabajo saludable; el cual, según la OMS (2010), es definido como un entorno de empleo en el cual los asalariados y directivos colaboran entre sí para tener una mejora continua en la salud, seguridad y bienestar del personal.

2.3.2. Estrés en el trabajo a causa del monitoreo.

Los seres humanos confrontan diferentes situaciones que puedan transcurrir en su vida cotidiana, tanto oportunidades como amenazas; en el aspecto negativo, la persona cuenta con mecanismos para afrontar una situación que pueda considerar como alarmante. La presencia de peligros se presenta en diferentes áreas de la vida de la persona, incluyendo el aspecto laboral, de manera que puede considerar ciertos factores del empleo como riesgos o amenazas. Una forma natural de afrontar un fenómeno que pueda ser categorizado como alarmante para la persona es mediante el estrés (Alegría & Luiggi, 2014). Es por ello, que se debe de entender la relación entre esta reacción con el empleo que desarrolla la persona. El estrés en el trabajo se entiende como la respuesta del hombre frente a las exigencias y demandas; en el caso del

empleado, puede experimentar estrés si considera que sus habilidades no son suficientes para poder enfrentar los constantes desafíos o presiones que conlleva el trabajo (Aristazabal, 2018). A diario, los trabajadores se enfrentan a diversos problemas durante sus actividades como altas demandas de trabajo o problemas con sus superiores, factores de riesgo psicosocial, de manera que se generan niveles de estrés disminuyendo el bienestar emocional (Herrera et al., 2017). Cuando se implementa algún elemento al trabajo, este se convierte en un factor psicosocial que puede impactar de manera positiva como negativa al trabajo y al bienestar del personal, ya que existe la posibilidad de que no lo interpreten como una oportunidad para mejorar sus condiciones de trabajo o, por el contrario, como una amenaza a su estabilidad emocional.

Entre los elementos que pueden implementarse en las actividades laborales, se encuentra el monitoreo mediante tecnología electrónica; no obstante, al ser un elemento no muy frecuente en diferentes trabajos, se desconoce el impacto que podría generar. Existen diferentes estudios donde se explica que la incorporación de tecnologías de seguimiento podría mejorar el nivel de seguridad para el personal; sin embargo, existen otros estudios donde avalan que el monitoreo constante podría ser rechazado por el personal generando niveles de estrés en ellos. Por un lado, el control preciso en tiempo real de los trabajadores optimizaría el control y prevención de riesgos de seguridad (Skibniewski, 2014); sin embargo, por otro lado, existe evidencia que indica que el monitoreo puede alterar las dimensiones básicas del trabajo como la sensación de carga laboral y pérdida de control, de manera que se elevan los niveles de estrés (Schleifer, 1990, como se citó en Smith, 1992). Entonces, el monitoreo electrónico presenta la posibilidad de volver más hostil el ambiente de trabajo.

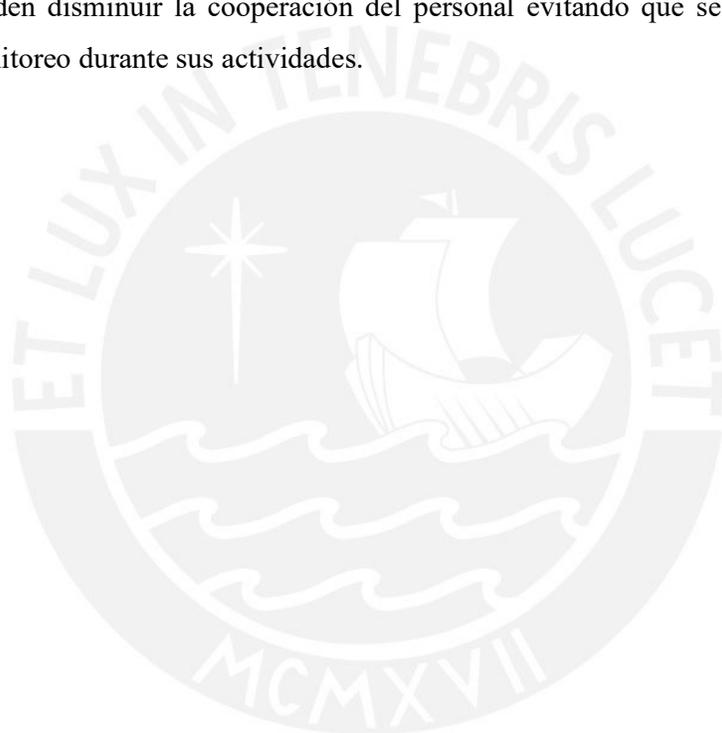
2.4. Sistemas de monitoreo Intelligent Construction Site (ICONS)

Actualmente, en el sector de construcción peruano, se analiza la distribución de los diferentes elementos (tales como los materiales de construcción o el personal de obra) a partir de una recolección manual de información por parte de los profesionales correspondientes; sin embargo, como afirma Olivieri, H. et al. (2017), la recolección presenta una serie de limitaciones como el propio error humano o el hecho que no pueda ser realizado de manera simultánea en todo el proyecto. Es por ello, que en los últimos años se ha buscado diseñar alternativas que optimicen el flujo de producción. Según Vieira, G., Varela, M., Putnik, G., Machado, J. & Trojanowska, J. (2016), la producción puede llegar a un potencial mayor, el cual puede alcanzarse mediante sistemas de monitoreo, de forma que ha generado la atracción de diversas asociaciones que buscan la forma de implementarlos. Las tecnologías de

seguimiento han atraído la atención de muchos investigadores e ingenieros en los últimos años. Según Lin, P. et al. (2013), la diversidad de beneficios que implica la implementación de un monitoreo en tiempo real en obra, como la inspección de la calidad de los proyectos durante su ejecución, han permitido respaldar su viabilidad en el proyecto, es por ello por lo que, a partir de diferentes tecnologías de monitoreo como el RFID, se busca poder realizar el seguimiento constante de los diferentes elementos del proyecto. No obstante, no es suficiente con implementar el hardware en la construcción, sino que es necesario contar con una única plataforma que pueda administrar e interpretar la información obtenida en campo facilitando la lectura por los profesionales pertinentes. Entonces, la tecnología ha de seguir desarrollándose hasta que sea posible el poder diseñar un sistema en el cual todos los recursos puedan ser etiquetados y ubicados en todo momento (Olivieri et al. 2017).

Ante la oportunidad en el mercado de la construcción, Aalto University desarrolló, en asociación con otras empresas finlandesas e internacionales relacionadas a tecnologías de monitoreo, desarrollo de softwares y comunicaciones como Movenium, Erent, Trimple Solutions Oy y Elisa, una plataforma que permita recopilar los datos obtenidos en tiempo real de las diferentes zonas analizadas de forma que se pueda interpretar de manera directa la distribución de los componentes y su ritmo de avance (Urbina, 2019), el cual recibiría el nombre de ICONS. Al ser un proyecto, actualmente en desarrollo, presenta incertidumbres respecto al diseño del hardware, su implementación, los elementos que se requieran analizar y la tecnología de monitoreo que se va a utilizar para poder realizar la recolección de datos. En primer lugar, respecto al hardware que se utilizará, se tiene una diversidad existente en el mercado; las tecnologías de monitoreo con mayor confiabilidad son RFID, GPS, WLAN, debido a la considerable precisión y área abarcada de cada uno (Skibniewski, 2014); sin embargo, se deberá de elegir entre las opciones tomando en cuenta su precio y calidad. En segundo lugar, será necesario delimitar qué elementos deberán de ser supervisados en tiempo real a través de la plataforma y de qué forma se realizará el seguimiento sin perjudicar la productividad en obra. En tercer lugar, se desconoce las consecuencias que la herramienta de control generaría en el campo tanto en la productividad diaria como en la estabilidad emocional de los trabajadores, por lo que se deberá de estudiar en paralelo la respuesta del personal a la implementación. Entonces, debido a la falta de información sobre la inclusión de la herramienta en una obra, se fueron realizando diversas investigaciones con la finalidad de poder analizar las ventajas y problemáticas que conllevaría la aplicación de esta nueva herramienta.

La herramienta ICONS fue evaluada en la ciudad de Lima por Urbina (2019), quien realizó un trabajo de investigación en una empresa productora de baterías en el distrito de Puente Piedra. Durante un periodo próximo a 3 meses, realizó el seguimiento a los trabajadores encargados del mantenimiento de los elementos verticales y horizontales, y a la fabricación de elementos pertenecientes al taller por medio de los sensores de monitoreo. Urbina, A. (2019) indicó que, mediante el seguimiento en tiempo real, se puede validar si los diferentes trabajadores de obra se encuentran en las ubicaciones correspondientes a su zona de trabajo lográndose optimizar el control en campo; sin embargo, también se menciona que existe una barrera por parte de los trabajadores, ya que algunos parámetros, como la invasión de la privacidad, pueden disminuir la cooperación del personal evitando que se animen a portar sensores de monitoreo durante sus actividades.



3. METODOLOGÍA

La metodología para realizar la presente investigación sigue las siguientes etapas: Contextualización, introducción al sistema, sensibilización a empresa y personal, instalación del sistema, y recolección de datos.

3.1. Contextualización

La primera etapa de esta investigación consiste en la revisión de la literatura. Para ello, primero, se investigará sobre los sistemas de monitoreo existentes en la industria de la construcción. Posteriormente, se recopilará información sobre casos en la industria de construcción en donde se hayan empleado sistemas de monitoreo. Luego, se revisará la literatura correspondiente al estrés laboral, monitoreo de la productividad y bienestar emocional. Y finalmente, se recolectará información relacionada a aplicaciones y estudios previos del sistema ICONS. Una vez, terminada la búsqueda de información, se elaborará una revisión literaria que brinde las principales características de los sistemas de monitoreos utilizados en la industria de la construcción, que explique los efectos del monitoreo sobre el trabajador, que exponga sobre el efecto del monitoreo en el bienestar mental del trabajador y que introduzca al sistema ICONS. La secuencia de la búsqueda de información utilizada para la revisión literaria se presenta en la Figura 6.



Figura 6. Investigación de la revisión literaria

Nota. Elaboración propia.

3.2. Introducción al sistema

La segunda etapa de esta investigación consiste en la entrega de los instrumentos a emplear para el monitoreo de los trabajadores y una breve capacitación sobre su uso por parte Urbina A., quien utilizó el sistema ICONS previamente para un trabajo de investigación. Este sistema cuenta con un software (programa) y un hardware (equipos de monitoreo). Los equipos para entregar son los siguientes: (1) Módems Raspberry Pi 3B (6 unidades), cargadores USB (6 unidades), cable HDMI (1 unidad), (2) tarjeta SD (6 unidades), teclado con conexión USB (1 unidad) y (3) sensores (29 unidades). Sin embargo, para realizar una adecuada toma de datos

se necesitan algunos equipos y materiales adicionales, los cuales son conseguidos por los investigadores de este trabajo, tales como: (4) Módems Wi-fi (2 unidades), (5) cables del tipo USB – Micro USB (6 unidades), (6) cargadores portátiles (4 unidades), (7) cajas de madera (4 unidades), laptop (1 unidad), televisor con entrada HDMI (1 unidad), teléfono celular con internet (1 unidad) y (8) brazaletes de tela (29 unidades). A continuación, en la Figura 7 se mostrarán todos de los equipos utilizados en campo para la recolección de datos durante el monitoreo de los trabajadores, mientras que en la Tabla 2 se listarán todos los equipos y los materiales utilizados para el monitoreo.



Figura 7. Equipos y materiales utilizados para el monitoreo

Nota. Elaboración propia.

Tabla 2

Equipos y materiales utilizados

Equipo o Material	Cantidad	Método de obtención
Módem Raspberry Pi 3B	6 unidades	Brindado por Grupo de Investigación GETEC
Cargador USB	6 unidades	Brindado por Grupo de Investigación GETEC
Cable HDMI	1 unidades	Brindado por Grupo de Investigación GETEC
Tarjeta SD	6 unidades	Brindado por Grupo de Investigación GETEC
Teclado con conexión USB	1 unidad	Brindado por Grupo de Investigación GETEC
Sensores	29 unidades	Brindado por Grupo de Investigación GETEC
Módems Wi-fi	2 unidades	Comprado por el equipo de tesis
Cable tipo USB – Micro USB	6 unidades	Comprado por el equipo de tesis
Cargador Portátil	4 unidades	Comprado por el equipo de tesis
Caja de madera	4 unidades	Comprado por el equipo de tesis
Brazaletes de tela	29 unidades	Comprado por el equipo de tesis
Laptop	1 unidad	Propio del equipo de tesis
Televisor con entrada HDMI	1 unidad	Propio del equipo de tesis
Teléfono celular con internet	1 unidad	Propio del equipo de tesis

Nota. Elaboración propia.

Tras contar con todos los equipos necesarios, se realiza la configuración del software con la finalidad de efectuar las primeras pruebas para detectar cualquier problema o defecto. Además, durante estas pruebas se logra familiarizarse con el funcionamiento de los equipos. A continuación, en la Figura 8, se muestra el proceso de configuración del software, mientras que, la secuencia de las actividades requeridas para esta segunda etapa de la metodología se presenta en la Figura 9.

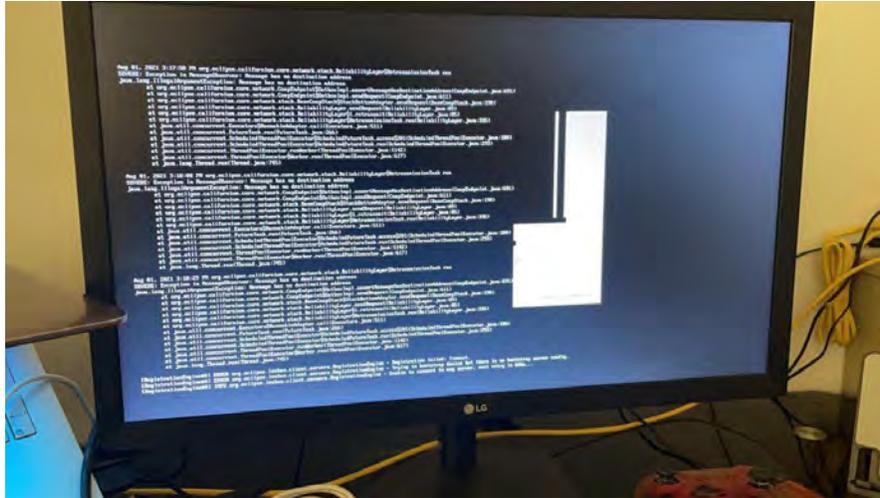


Figura 8. Configuración del software

Nota. Elaboración propia.



Figura 9. Introducción al sistema

Nota. Elaboración propia.

3.3. Sensibilización de la empresa y personal

La tercera etapa de investigación consiste en entablar una conexión adecuada con los profesionales encargados de la obra y con el personal a quienes se realizará el estudio. Es por ello por lo que, previa coordinación de la fecha y horario, se entabla una primera reunión con el ingeniero residente, en la cual se expuso la presentación oficial del proyecto de investigación. En dicha presentación, se expone sobre el desarrollo de la tecnología de ICONS, se explican los objetivos de la investigación, se definen los equipos a instalar en obra y la metodología de recolección de datos, y se presentan la encuesta y los documentos de ética. Estos últimos documentos, contienen en su formato detalles de la metodología de recolección de datos y esclarecen que los datos obtenidos de la investigación serán utilizados únicamente para fines académicos. Además, este documento posee dos presentaciones, una que debe ser firmada por el ingeniero a cargo de la empresa ejecutora de la obra y otra que debe ser firmada por cada trabajador expuesto al monitoreo; ambas presentaciones de los documentos son expuestas en la reunión con ingeniero residente. Todo ello para aclarar el proceso a seguir durante toda la investigación y el posible efecto del sistema de monitoreo ICONS en el personal, de manera

que el ingeniero a cargo pueda estar familiarizado con esta herramienta y así autorizar su incorporación al proyecto. En la última parte de la reunión, se entrega la encuesta en físico que se realizará a los trabajadores para que pueda examinarla y se le entregan los documentos de ética en físico para que revise lo expuestos en estos y otorgue su aprobación.



Figura 10. Reunión con el ingeniero a cargo del proyecto

Nota. Elaboración propia.

Una vez que el sistema sea autorizado y el ingeniero a cargo haya firmado el documento de ética correspondiente, documento presentado en el Anexo G, se comenzará a realizar las primeras visitas formales a la obra. Durante estas visitas, se coordina el almacenamiento de los dispositivos (sensores, módems Raspberry Pi 3B, módems de internet, cables del tipo USB – Micro USB y cajas de maderas) y se analiza qué partidas se podrá monitorear. Una vez coordinado con el ingeniero a cargo, se procede a la presentación del sistema ICONS al capataz o maestro de la primera partida que será monitoreada. Para las siguientes partidas, se conversa con anticipación con los capataces o maestros encargados de las partidas y se les presenta de igual manera el sistema ICONS.

Una vez el capataz o maestro brinda la confirmación y asegura el apoyo para la realización del monitoreo, se le presenta un cronograma con las fechas importantes del monitoreo (inicio del monitoreo, charla introductoria, primera encuesta, segunda encuesta y fin del monitoreo). Los cronogramas presentados a los responsables de cada partida se encuentran en los Anexos B y C. Por otro lado, se coordina con el ingeniero de seguridad la utilización de un tiempo de aproximadamente 10 minutos de la charla de seguridad del día de inicio de monitoreo de cada partida; en este lapso, se lograría realizar las siguientes actividades iniciales. Primero, se brindará una exposición breve a los trabajadores seleccionados para ser monitoreados sobre el alcance de la investigación y el funcionamiento de los sensores. Además,

en caso de presentarse dudas o consultas, se resolverán durante este tiempo. Una vez terminada la introducción al sistema, se consulta abiertamente quienes desean participar libremente del monitoreo. La secuencia de las actividades requeridas para esta tercera etapa se presenta en la Figura 11.

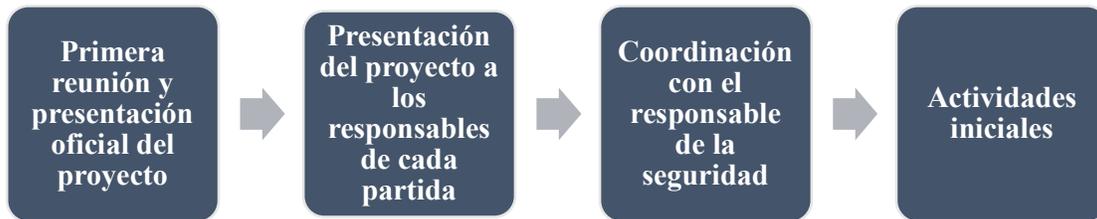


Figura 11. Sensibilización de la empresa y personal

Nota. Elaboración propia.

3.4. Instalación del Sistema

La cuarta etapa de esta investigación consiste en la implementación de los equipos en campo. Para ello, se realizará previamente una recopilación de información sobre las características y ubicación de los elementos de obra mediante las visitas a campo programadas y la solicitud de documentación como planos de planta del proyecto, sectorización, cronograma de actividades, entre otros. Además, en las visitas realizadas en la primera semana de agosto, se podrá plantear la posición en la que se podrían ubicar los equipos en campo. Una vez recolectada la información se define la ubicación de cada equipo del sistema ICONS y se realizan las primeras pruebas de campo para testear su adecuado funcionamiento e identificar posibles problemas con los equipos.



Figura 12. Visita de reconocimiento de la obra

Nota. Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, durante el tiempo brindado durante la charla de seguridad, se realizan las actividades iniciales. Seguidamente, a cada trabajador que aceptó participar del monitoreo se le entrega un brazalete de tela, el cual lleva un bolsillo cosido en donde se encuentra el sensor, y tiene escrito el número del sensor alrededor. Se les sugiere llevar el brazalete en el brazo que menos utilicen para cargar peso y colocar el brazalete de tal manera que el número escrito en este sea legible a simple vista. Este mismo procedimiento se realizó para todas las partidas que fueron monitoreadas. Para poder realizar el monitoreo en tiempo real, se hará uso de una laptop y del software del sistema ICONS; en algunos casos, para una rápida visualización de los datos, se ingresa a la plataforma del sistema ICONS mediante un teléfono celular. En la Figura 13 se puede observar el brazalete con el sensor que se entregó a cada trabajador, mientras que en la Figura 14 se presenta la secuencia de las actividades requeridas para esta cuarta etapa de la metodología.



Figura 13. Llenado de documento de ética y entrega de sensores

Nota. Elaboración propia.

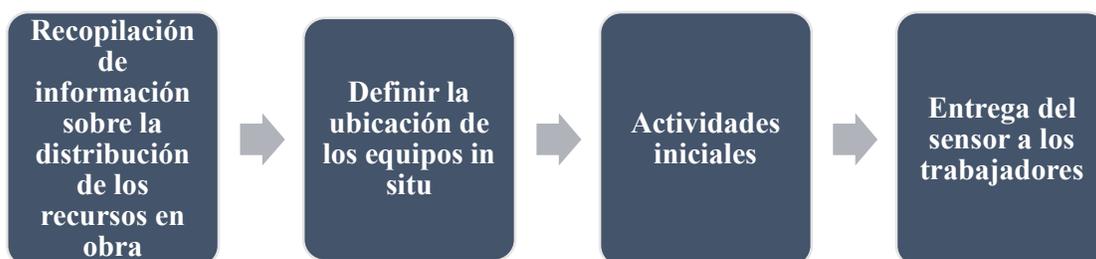


Figura 14. Instalación del sistema

Nota. Elaboración propia.

3.5. Recolección de Datos

La quinta etapa de la investigación consiste en obtener las diferentes respuestas de los trabajadores monitoreados por medio de encuestas y entrevistas. Para ello, a la mitad del experimento, una vez que personal ya haya experimentado el monitoreo mediante la implementación de los sensores, se realiza una primera toma de datos por medio de encuestas para conocer su impresión y grado de aceptación al sistema de monitoreo. Las encuestas analizan de forma cuantitativa diversos factores de los trabajadores: privacidad, seguridad, utilidad, bienestar y aceptación. La segunda encuesta por efectuar a los trabajadores se realiza el último día de monitoreo, a fin de que el personal ya tenga claro el funcionamiento del monitoreo y esto se refleje en sus respuestas. Por otro lado, las entrevistas poseen como objetivo conocer la opinión del trabajador sobre el monitoreo. Para ello, el formato de la entrevista posee preguntas abiertas que permiten al entrevistado expresarse al generar una respuesta. También, se planteó la idea de realizar preguntas a las respuestas de los trabajadores para poder obtener una contestación completa y clara permitiendo conocer a cabalidad su impresión y opinión. La secuencia de las actividades requeridas para esta quinta etapa de la metodología se presenta en la Figura 15, mientras que en la Tabla 3 se presentarán los métodos de recolección de información y sus características.



Figura 15. Recolección de datos

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3

Métodos de recolección de datos

Método	Técnica	Tiempo	Unidad de análisis	Muestra o población	Aspectos por considerar
Cuantitativa	Encuesta	6 – 8 minutos	Individual	Total de trabajadores monitoreados	Privacidad, seguridad, bienestar, utilidad y bienestar de los trabajadores
Cualitativa	Entrevista	3 – 5 minutos	Individual	Trabajadores seleccionados	

Nota. Elaboración propia.

3.5.1. Metodología de la encuesta.

Para el proceso de captura de datos mediante encuestas se ejecutarán las dos siguientes partes: Introducción de la encuesta y proceso de realización de la encuesta. La primera parte consiste en brindar una breve exposición a los trabajadores sobre la encuesta. Primero, se detalla que esta tiene únicamente fines académicos y que la información recopilada no perjudicará en ningún sentido su estabilidad laboral. Seguidamente, se comienza a explicar el tipo de preguntas y la forma correcta de responder cada una de ellas. Se les indica que las cinco primeras preguntas deberán ser respondidas llenando datos de carácter general, mientras que las preguntas siguientes tendrán que responderlas otorgando un puntaje que va del 1 al 4, donde el valor de 1 representa “Totalmente en desacuerdo”, el valor de 2 representa “En desacuerdo”, el valor de 3 representa “De acuerdo” y el valor de 4 representa “Totalmente de acuerdo”. Por otro lado, si es que el trabajador no sabe cómo responder o no quiere opinar sobre alguna pregunta, se le da la opción de marcar el casillero de “No sé/No opina”. Para la segunda parte, que consiste en el proceso a seguir para la realización de las encuestas, se elaboraron tres propuestas de metodologías a usar, las cuales se detallarán a continuación:

1) Primera propuesta

La primera propuesta consiste en entregar la encuesta a cada trabajador que participa del experimento, con la finalidad de que cada uno de estos pueda llenar su encuesta de manera personal. Para continuar con esta etapa, la cual consiste en el llenado de las preguntas para una posterior devolución de las encuestas, se analizaron dos metodologías. La primera metodología consiste en la entrega física de la encuesta y un llenado de los datos con los tesisistas presentes para poder resolver cualquier duda o pregunta. Esta primera metodología se estima que tenga una duración total de ocho a diez minutos. La segunda metodología consiste en la entrega de una encuesta virtual a la que el trabajador pueda acceder mediante un vínculo de internet que conduce a la página web de la encuesta en línea. De esta manera, no existe un gasto del tiempo del trabajador en obra; sin embargo, se debe crear una etapa extra de recolección de información de número de teléfonos móviles o de correos electrónicos de los trabajadores que servirán como medio para enviar el vínculo de la encuesta en línea.

2) Segunda propuesta

La segunda propuesta consiste en que cada tesisista realice directamente la encuesta acompañada de un trabajador. La propuesta posee dos pasos, las cuales se producen uno a continuación de otro y de manera repetitiva. El primer paso consiste en la lectura de una

pregunta de la encuesta por parte de un tesista. Para continuar inmediatamente con el segundo paso que consiste en que cada tesista consulte por la respuesta del trabajador a la pregunta realizada e indicarle como marcar su respuesta en la encuesta. De esta manera, cada pregunta de la encuesta será respondida al terminar el segundo paso, por lo que se espera se continúe de esta manera hasta abarcar todas las preguntas. Esta metodología se estima que tenga una duración de cuatro a seis minutos por trabajador.

3) Tercera propuesta

La tercera propuesta consiste en que cada tesista realice directamente la encuesta acompañada de un grupo de trabajadores. Para ello, se sugiere que cada tesista realice esta metodología junto con un grupo de cinco a seis trabajadores. La propuesta posee dos pasos, los cuales se producen uno a continuación de otro y de manera repetitiva. El primer paso consiste en la lectura de una pregunta de la encuesta por parte de un tesista. Para continuar inmediatamente con el segundo paso, el cual consiste en que cada tesista consulte por la respuesta de cada trabajador del grupo asignado a la pregunta realizada e indicarles como marcar sus respuestas en la encuesta. De esta manera, cada pregunta de la encuesta será respondida al terminar el segundo paso, por lo que se espera que se continúe de esta manera hasta abarcar todas las preguntas. Esta metodología se estima que tenga una duración de seis a ocho minutos por grupo de trabajador.

En la tabla 4, se presenta las propuestas de las metodologías a seguir para la obtención de información.

Tabla 4

Metodologías para la realización de las encuestas.

Propuesta	Tiempo aproximado (minutos)	Pasos	Ventajas	Desventajas	
Primera	Física	8 a 10	<ul style="list-style-type: none"> - Entrega - Llenado y devolución 	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyo durante el llenado - Solución de dudas 	<ul style="list-style-type: none"> - Llenado rápido y descuidado
	Virtual	-	<ul style="list-style-type: none"> - Recolección de datos - Entrega - Llenado y devolución 	<ul style="list-style-type: none"> - Respuestas virtuales - No quita tiempo en obra 	<ul style="list-style-type: none"> - Llenado rápido y descuidado - No hay solución de dudas
Segunda	4 a 6 (por trabajador)	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de la pregunta - Escucha y anotación de la respuesta 	<ul style="list-style-type: none"> - Solución de dudas - Mejor calidad de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo importante del tiempo 	

Tercera	6 a 8 (por grupo de trabajadores)	- Realización de la pregunta - Escucha y anotación de la respuesta	- Solución de dudas - Mejor calidad de datos	- Consumo significativo del tiempo
---------	-----------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------

Nota. Elaboración propia.

Debido a un factor de tiempo disponible en obra para la realización de las encuestas, y a un análisis de las ventajas y desventajas de las propuestas de las metodologías planteadas para la realización de estas, para este trabajo de investigación se decidió escoger la tercera propuesta. Esto debido a que se prefiere que cada tesista acompañe al trabajador en el momento del llenado de las encuestas para poder esclarecer cualquier duda y conseguir de esta manera data confiable para la investigación. Además, de ser la propuesta que tendrá menor tiempo de duración total para completar las encuestas de todos los trabajadores monitoreados. En el Anexo A se mostrará el formato y el contenido de preguntas que posee la encuesta a realizar a los trabajadores.

3.5.2. Metodología de las entrevistas.

Para la realización de las entrevistas, el primer paso fue hablar con los trabajadores seleccionados para ser entrevistados. En este primer acercamiento, se le comentó brevemente sobre los puntos a tocar durante la entrevista y se les preguntó sobre su disponibilidad de tiempo libre. De esta manera, se pudo acordar una fecha y hora para la realización de la entrevista. Una vez acordado las fechas con cada trabajador, se le asigna a cada tesista una entrevista. Antes de realizar la entrevista, se explica al trabajador el procedimiento a seguir en esta, el cual se detalla a continuación. Primero, se le comunica que la información obtenida a partir de la entrevista se utilizará exclusivamente para fines académicos. Luego, se le informa que la entrevista será grabada mediante una grabadora de audio con la finalidad de registrar la información sobre su impresión frente al monitoreo. Después, se le indica que debido a que es una entrevista de carácter libre, la participación no es obligatoria por lo que, en caso no desee participar, puede negarse. Finalmente, si no presenta alguna objeción, se prende la grabadora y se comienza con la entrevista. El formato de la entrevista con las preguntas se encuentra en el Anexo D.

4. CASO DE ESTUDIO

4.1. Descripción del proyecto

El estudio realizado se llevó a cabo en la obra de construcción de un proyecto inmobiliario ubicado en el distrito de La Molina, Lima, Perú. Este proyecto tiene como fecha de entrega el mes de junio del 2022, y contará para entonces con 18 pisos y 5 sótanos. Además, este inmueble cuenta con departamentos que se dividen en dos categorías: flat y dúplex. Para el caso del departamento tipo flat, se cuenta con diez tipos que van desde el FLAT 01 (área total de 123.86 m²) hasta el FLAT 10 (área total de 66.04 m²), mientras que para el caso del departamento tipo dúplex se cuenta con cuatro tipos que van desde el DUPLEX 03 (área total de 180.75 m²) hasta el DUPLEX 10 (área total de 251.38 m²). Este proyecto está a cargo de un Grupo Inmobiliario, el cual subcontrató para la construcción de la estructura del edificio a una Empresa Constructora. En el primer acercamiento a la obra, en la segunda semana de junio del 2021, como se puede observar en la Figura 16, el proyecto se encontraba en la construcción de elementos estructurales verticales y horizontales del segundo y tercer piso, y solo se encontraban los trabajadores pertenecientes a la subcontrata de la Empresa Constructora. Por otro lado, durante las primeras visitas a campo, como se puede observar en la Figura 17, el proyecto se encontraba en la construcción de elementos estructurales verticales y horizontales del sexto piso, pero para entonces ya se encontraban trabajadores de diversas subcontratas.



Figura 16. Primer acercamiento a obra

Nota. Elaboración propia.



Figura 17. Primeras visitas a campo

Nota. Elaboración propia.

El proyecto cuenta con un área techada de 890 m², la cual se ha dividido en cinco sectores para la construcción de los elementos verticales del casco estructural. En la Figura 18, se puede observar la sectorización realizada para el piso típico. Por otro lado, para la separación de los espacios en los pisos se utilizó tabiquería de ladrillos de concreto. En la figura 19, se puede observar la distribución de los espacios para el piso típico.

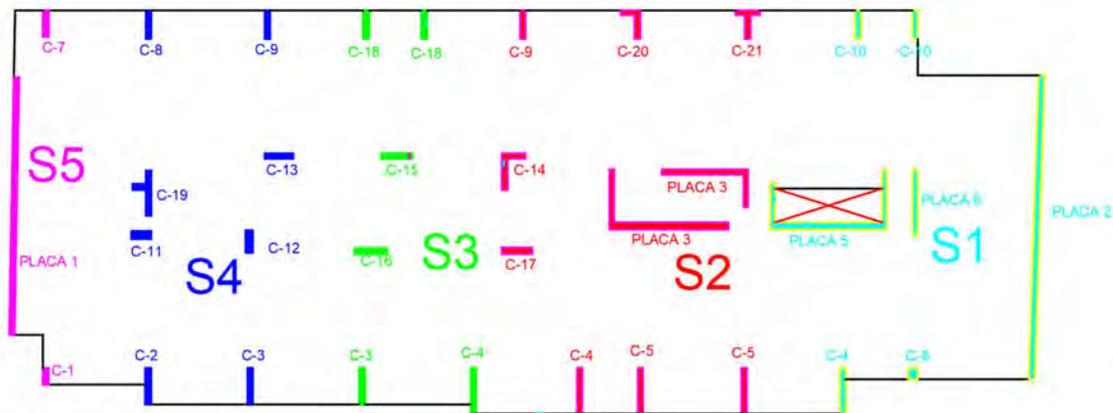


Figura 18. Sectorización de piso típico

Nota. Elaboración propia.



Figura 19. Plano de tabiquería

Nota. Elaboración propia.

El horario de trabajo era de lunes a sábado, sin incluir feriados. Este se extendía desde las ocho de la mañana hasta las seis de la tarde de lunes a viernes; mientras que los sábados se extendía hasta la una de la tarde. Los trabajadores tenían un horario ininterrumpido de trabajo hasta el mediodía, cuando comenzaba la hora de almuerzo, a excepción de los sábados cuando su horario de trabajo se extendía hasta la una de la tarde; luego del almuerzo, reanudaban su trabajo hasta las cinco y media de la tarde. La media hora restante se dedicaba para realizar trabajos de limpieza. Al inicio de esta investigación, el proyecto únicamente contaba con trabajadores de las subcontratas de estructuras y de instalaciones; sin embargo, durante la estancia en la obra, se integraron más subcontratas, lo cual fue aumentando el personal presente en obra. De todo este personal presente, para esta investigación, se seleccionó a los trabajadores de cinco partidas. A continuación, en la Tabla 5 se mostrará las partidas monitoreadas y la cantidad de trabajadores que se monitorearon en cada una.

Tabla 5

Partidas a monitorear

Partida	Número de trabajadores monitoreados	Tiempo de monitoreo	Número de encuestas	Trabajadores entrevistados
Carpintería	23	11 días	2	3
Acero	18	9 días	2	3
Tabiquería	17	8 días	2	3

Instalaciones eléctricas y sanitarias	14	8 días	2	3
Tarrajeo	7	4 días	1	-

Nota. Elaboración propia.

Se optó por monitorear a diferentes partidas, ya que se buscaba conocer los efectos del monitoreo en toda la diversidad de trabajadores dentro de una obra. Por otro lado, al monitorear un mayor número de partidas, se podría realizar un mayor número de pruebas para poder conocer la adecuada ubicación de los equipos dentro de obra. Debido a que en cada partida poseía una distribución de materiales, equipos y mano de obra diferente, se debía realizar un análisis del desplazamiento del personal de cada una de estas. Este análisis se realizaba con la finalidad de poder colocar adecuadamente los módems Raspberry Pi de tal manera que lea la señal de la mayor cantidad de sensores. Además, para este análisis, se debía tener en cuenta que cada partida posee una diferente zona de trabajo, la cual puede tener una extensión que va desde un único piso hasta cuatro pisos; sin embargo, hubo ocasiones donde dos partidas compartían una misma zona de trabajo.

4.1.1. Planeamiento del monitoreo

Antes del monitoreo en obra, se realizaron actividades que permitieron un adecuado comienzo de la toma de datos. Primero, se realizó una reunión con el ingeniero responsable del proyecto el día 23 de julio, en la cual se realizó una exposición introductoria del sistema de monitoreo, de las encuestas a realizar, de los documentos de ética a firmar, entre otros asuntos descritos previamente en el capítulo de la metodología. Al día siguiente, una vez que el ingeniero residente aceptó las condiciones del estudio, se realizan las primeras coordinaciones para la solicitud de documentos que permitan conocer la distribución de recursos en obra y para gestionar las primeras visitas para el testeo en campo de los equipos. Luego, se llevó a cabo la entrega de los equipos y herramientas necesarias para el monitoreo el día 3 de marzo. Para esto, se coordinó previamente con el co-asesor de la tesis, Alonso Urbina, responsable del manejo de los equipos debido a la conexión que poseía con la universidad Aalto, cuál sería el horario y lugar del recojo de los equipos. Además, durante estos primeros días de la semana de agosto, se obtuvieron equipos adicionales para realizar el monitoreo. Una vez conseguidos todos los equipos, se realizó la configuración del software y las primeras pruebas para la comprobación de su correcta configuración. Debido a problemas con los módems Raspberry Pi por su uso previo en un anterior estudio, solo se logró configurar cuatro de los seis módems

debido a que los dos restantes tenían obstrucciones en su entrada HDMI lo cual impidió cualquier tipo de configuración. Durante los últimos días de la primera semana de agosto, se realizó el testeo de los equipos en obra. Para ello, durante tres días se visitó la obra con el fin de visualizar el movimiento dentro de la obra de los trabajadores de las diferentes partidas. Además, en estos días, se planteó la ubicación de los equipos, se probó la cobertura de los módems de internet y se calculó el radio de lectura de los módems Raspberry Pi. En la Figura 19 se puede observar la zona de trabajo durante la construcción de un piso típico y la zona de trabajo de un piso típico ya construido. Al conocer las zonas de trabajo mostradas y la distribución de los recursos en obra, se planteó la ubicación estratégica de los módems Raspberry Pi de modo que pueda registrar la mayor cantidad de sensores. Una vez escogida una posible ubicación, el día 9 de agosto se realizaron las actividades iniciales, descritas en el capítulo anterior, y se dio inicio al monitoreo.

Tabla 6

Cronograma para la sensibilización

JULIO	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
Semana 3	19	20	21	22	23	24	25
Semana 4	26	27	28	29	30	31	
AGOSTO	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
Semana 4							1
Semana 1	2	3	4	5	6	7	8
Semana 2	9	10	11	12	13	14	15

Nota. Elaboración propia.

Donde

- ■ Exposición introductoria y coordinaciones previas con el ingeniero residente de la obra
- ■ Feriado Nacional
- ■ Obtención del equipo, instrucción sobre su uso y configuración del software
- ■ Reconocimiento de la distribución de la obra y primeras pruebas en campo
- ■ Actividades iniciales e inicio del monitoreo



Figura 20. Zonas de trabajo a monitorear

Nota. Elaboración propia.

4.2. Monitoreo realizado a los trabajadores

4.2.1. Monitoreo mediante ICONS

Para realizar el monitoreo de los trabajadores dentro de obra, primero, se debía ubicar de manera eficaz los módems Raspberry Pi. Sin embargo, debido a que la ubicación de estos módems variaba dependiendo de la partida a monitorear, inclusive de la hora de monitoreo, se debía contar con una fuente de energía que permitiera realizar la reubicación de los módems manteniendo la alimentación de energía durante todo el proceso de traslado. Por otro lado, dentro de la obra, no se contaba con una fuente de energía en todos los pisos y en los pisos donde se contaba con una alguna, la mayor parte del tiempo, estaban ocupados todos los accesos a la fuente de energía. Por ello, se decidió utilizar baterías portátiles y recargables. Entre los beneficios que implicaron su uso se encuentran el brindar un desplazamiento libre de los módems sin necesidad de un cableado que interrumpa el desplazamiento de los trabajadores, la facilidad durante la instalación y desinstalación de los módems en obra, y la ininterrumpida alimentación de energía a los equipos durante todo el monitoreo. Además, para un adecuado y continuo funcionamiento de los módems Raspberry Pi, se los protegió mediante una caja de madera con llave que evitaba cualquier tipo de golpe o impacto directo y que impedía la sustracción de los equipos que contenía si no se contaba con la llave. El armado de los equipos dentro de la caja de madera es el siguiente: un módem Raspberry Pi conectado mediante un cable tipo USB – micro USB a una batería portátil; en algunas ocasiones, se contaba con un módem de internet conectado mediante un cable tipo USB – micro USB a la

batería portátil que alimentaba a la vez al modem Raspberry Pi. En la Figura 20 se puede observar el armado típico de una caja de madera y las características de esta.



Figura 21. Caja de madera con los equipos

Nota. Elaboración propia.

La caja de madera no podía ser colocada en el suelo debido a su tamaño ya que podría producir caídas y debido a que podía malograrse durante el vaceado de la losa cuando se monitoreaba la construcción del techo. Por ello, se optó por colgar las cajas ya que, a pesar de su tamaño, el peso de la caja y su contenido no era significativo. Para ello, se hizo uso de un alambre grueso, el cual permitió colgar la caja en los agujeros transversales que dejó el encofrado en los elementos estructurales verticales, en el acero de elementos estructurales verticales, en las barandas y en los tubos de agua o desagüe. A continuación, en la Figura 21 se puede observar la colocación de las cajas, mientras que en la Figura 22 se puede observar los distintos lugares donde se colocaron las cajas de madera.



Figura 22. Colocación de caja de madera

Nota. Elaboración propia.



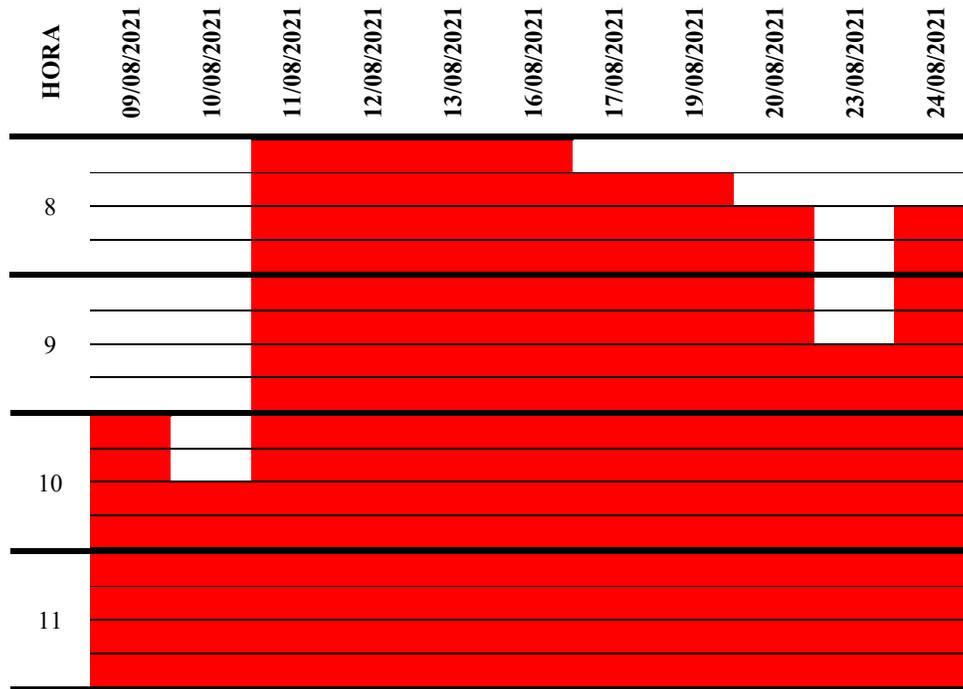
Figura 23. Ubicación en obra de las cajas de madera

Nota. Elaboración propia.

Se realizó un monitoreo a cinco partidas: carpintería, acero, tabiquería, instalaciones eléctricas y sanitarias, y tarrajeo. Para todas las partidas mencionadas, el monitoreo se planificó comenzar a las ocho de la mañana y terminar al mediodía. A pesar de las demoras al iniciar el monitoreo en algunos días debido a diversos factores, se logró que gran parte de los días alcanzarán más de tres horas y media de monitoreo efectivo. A continuación, en las Tablas 7, 8, 9, 10 y 11 se mostrarán las fechas en las cuales se realizó el monitoreo de cada partida, especificando la hora de inicio y la hora fin del monitoreo en cada fecha.

Tabla 7

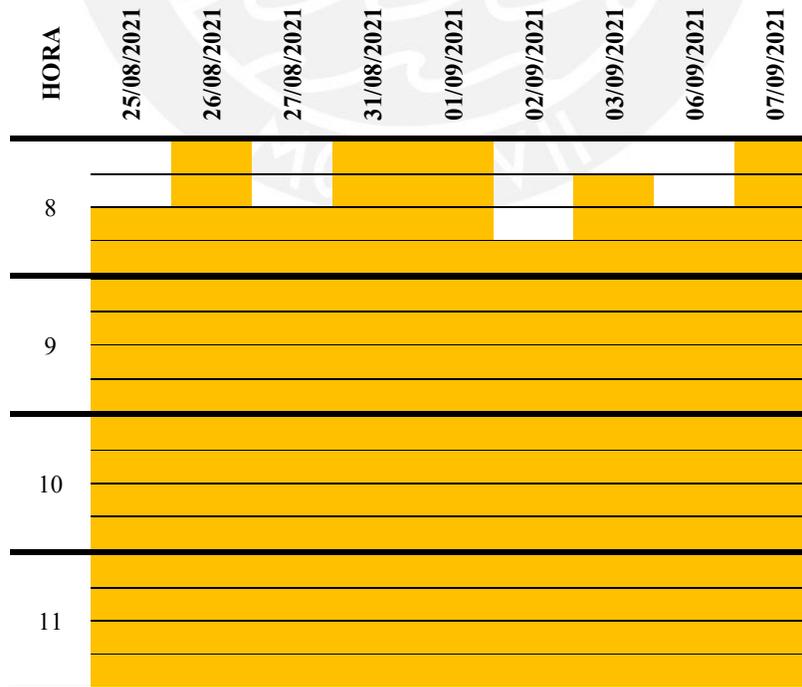
Fechas del monitoreo de la partida de carpintería



Nota. Elaboración propia.

Tabla 8

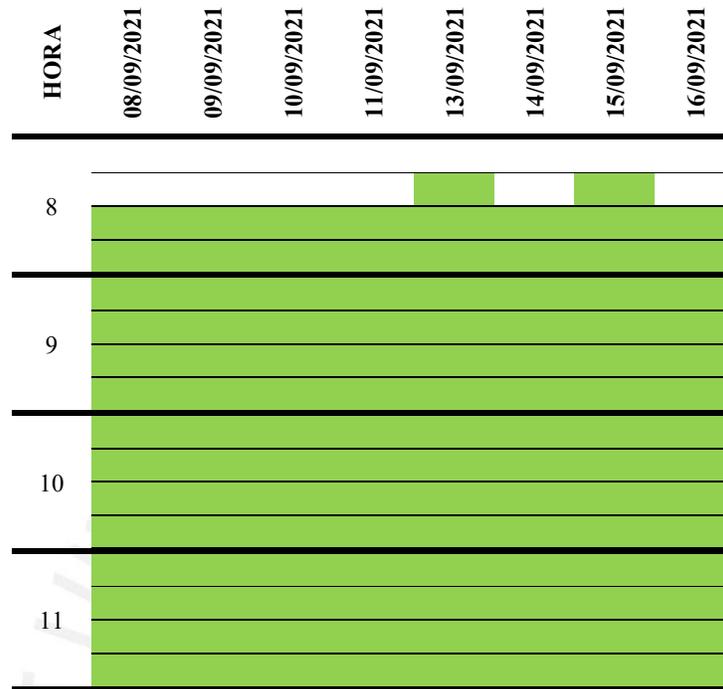
Fechas del monitoreo de la partida de acero



Nota. Elaboración propia.

Tabla 9

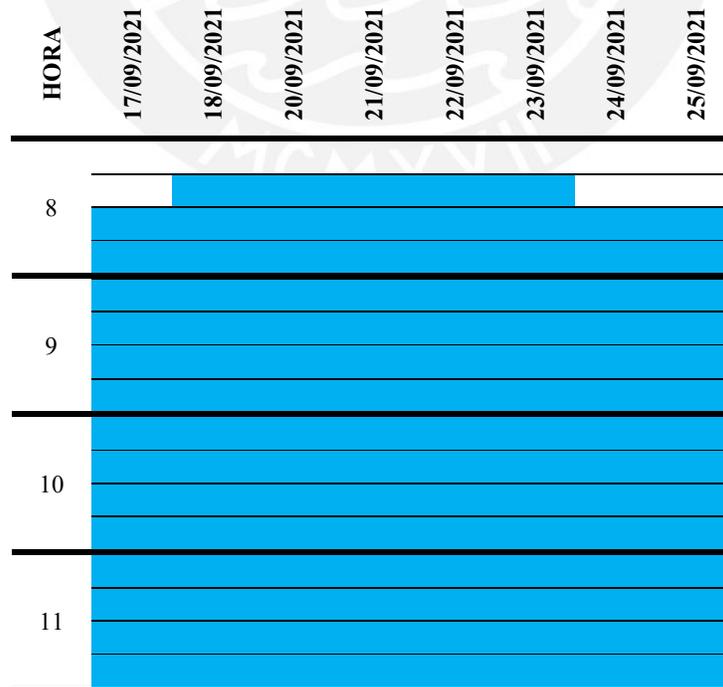
Fechas del monitoreo de la partida de tabiquería



Nota. Elaboración propia.

Tabla 10

Fechas del monitoreo de la partida de instalaciones eléctricas y sanitarias



Nota. Elaboración propia.

Tabla 11

Fechas del monitoreo de la partida de tarrajeo



Nota. Elaboración propia.

Para poder realizar el monitoreo de los trabajadores, se le proporcionó un sensor a cada trabajador que quisiera participar voluntariamente de la investigación. Cada sensor emitía una señal bluetooth, la cual era captada por uno de todos los módems Raspberry Pi colocados en obra. Para registrar los datos del sensor, este tenía que estar dentro del rango de lectura de los módems. Una vez dentro del rango de lectura de algún módem, se podía ver en tiempo real en la plataforma del sistema ICONS la ubicación del sensor. Para lograr un adecuado monitoreo se utilizaron nombres para cada sensor y cada módem. El nombre de cada sensor fue escrito sobre el brazalete que lo resguardaba y, también, sobre el mismo sensor, para identificar rápidamente al sensor en caso lograrse desprenderse del brazalete. Para el caso de los módems Raspberry Pi, se realizó un método similar. Se colocó un distintivo con el nombre del módem sobre cada módem y sobre la caja de madera que lo resguarda. En la Figura 24 se pudo observar cómo se colocó en el nombre del sensor y como se colocó el nombre del módem para su rápida identificación.



Figura 24. Visualización del nombre del sensor y del módem

Nota. Elaboración propia.

4.2.2. Inconvenientes y limitaciones durante el monitoreo

El principal inconveniente para poder monitorear a los trabajadores fue el radio de lectura de los módems Raspberry Pi. El alcance del radio de lectura podía variar dependiendo de la cantidad de elementos que se encuentren dentro este. Para entornos libres y con pocos obstáculos tales como pisos donde ya se terminó de construir los elementos estructurales (vigas, columnas y placas) y estos elementos se encuentran sin ningún tipo de encofrado ni apuntalamiento, se utiliza dos módems, o solo un módem, por piso para poder monitorear a los trabajadores. En la Figura 25 se pudo observar este tipo de entorno dentro de la obra donde mayormente se ubica una sola partida de trabajadores. Por otro lado, para entornos con obstáculos tales como pisos donde se están realizando actividades como el armado de acero, el encofrado y vaciado de elementos estructurales, el apuntalamiento de encofrado, la colocación de losas prefabricadas o trabajos que requieran mucho movimiento de personal, se utiliza dos o tres módems por piso para poder monitorear a los trabajadores. En la Figura 26 se pudo observar este tipo de entorno dentro de la obra donde mayormente se ubican las partidas de trabajadores correspondientes a carpintería, acero e instalaciones eléctricas y sanitarias. Y, por último, para entornos densos y con obstáculos, tales como pisos donde se están realizando el asentamiento de ladrillos, se utiliza cuatro módems por piso para poder monitorear a los trabajadores. En la Figura 27 se pudo observar este tipo de entorno dentro de la obra donde mayormente se ubican las partidas de trabajadores correspondientes a tabiquería. En este último entorno, los tabiques de ladrillo de concreto limitaban el radio de lectura de los módems Raspberry Pi, por lo cual se requirió el uso de todos los módems para el monitoreo de ese piso.



Figura 25. Entorno libre y con pocos obstáculos

Nota. Elaboración propia.



Figura 26. Entorno con obstáculos

Nota. Elaboración propia.



Figura 27. Entorno denso con obstáculos

Nota. Elaboración propia.

Otro inconveniente referente a los módems Raspberry Pi, era la interferencia que se originaba cuando se cruzaban dos radios de lectura. Cuando un sensor se encontraba dentro del radio de lectura de dos módems, el registro del módem no siempre era el adecuado, ya que en ocasiones el sensor indicaba que se encontraba dentro del radio de lectura del módem más alejado. Sin embargo, este inconveniente se pudo resolver con una adecuada planificación de la ubicación de los módems en obra y realizando comprobaciones del funcionamiento de los equipos antes y durante el monitoreo. Por su parte, también se presentaron inconvenientes con el uso de los módems de internet. Estos módems poseían dificultades con la duración de sus baterías, la cual en ocasiones no alcanzaba a durar todo el tiempo de monitoreo. En casos, donde se llegó a agotar la batería interna de los módems de internet, se los conectaba mediante un cable USB – micro USB a una de las baterías portátiles que alimentaban a los módems Raspberry Pi. Sin embargo, esto requería un mayor tiempo para cargar completamente las baterías portátiles y periodo de tiempo más corto entre cada recarga. Asimismo, existía también una limitación en el uso del internet, ya que la velocidad del internet estaba limitada por el plan del internet, la amplitud de la señal estaba limitada por el tipo de módem de internet y, a su vez, todo ello estaba limitado por el costo del plan de la compañía de internet. Para esta investigación se utilizaron dos módems de internet provenientes de diferentes compañías, y a lo largo del monitoreo, solo se registró una ocasión en la cual uno de los dos módems presentó problemas de conexión, lo cual retrasó el inicio del monitoreo en ese día. Por último, el inconveniente del sensor en los trabajadores. Para que el trabajador sea monitoreado debía portar el sensor en todo momento; sin embargo, este no debía fastidiar al trabajador o dificultar cualquier actividad que realice. Como primera solución, se planteó la idea de adherir el sensor al casco de cada trabajador mediante una cinta adhesiva. No obstante, surgieron problemas referentes al tiempo de colocación (mucho tiempo para adherir y retirar el sensor de cada casco), no se distinguía a simple vista los trabajadores monitoreados de los no que estaban siendo monitoreados, no se visualizaba el nombre del sensor y la incomodidad del sensor dentro del casco. Por tal motivo, se cambió la manera en la que los trabajadores iban a portar los sensores. Se eligió un brazalete con bolsillo cerrado, cuyas características fueron descritas anteriormente, que permitía solucionar los problemas presentados en el primer método. En la Figura 28 se puede observar la primera solución de adherir el sensor al casco, mientras que en la Figura 29 se puede observar los brazaletes utilizados durante la investigación.



Figura 28. Adhesión de los sensores en los cascos de los trabajadores

Nota. Elaboración propia.



Figura 29. Brazaletes utilizados para el monitoreo

Nota. Elaboración propia.

4.2.3. Resultados del monitoreo mediante ICONS

Los sensores y los módems Raspberry Pi que fueron utilizados en esta investigación para el monitoreo fueron entregados con una codificación realizada previamente por el soporte tecnológico de la universidad que colaboró con el ingeniero Alonso Urbina en un anterior estudio. Esta codificación consiste en que cada sensor y cada módem posee un código con el que se registra en la plataforma y un nombre con el que se visualiza. Tanto para el nombre de los sensores como para el de los módems, se utilizó una numeración para ayudar al procesamiento y análisis de datos. En el Anexo E y en el Anexo F se muestra la codificación utilizada para los sensores y para los módems, respectivamente.

El procesamiento de la información recolectada permitió mostrar cómo fue la distribución de los trabajadores de cada partida durante los distintos días del monitoreo. Durante la investigación, se ubicaba un módem Raspberry Pi en zonas de trabajo con mayor cantidad de personal y cada día se mantenía un registro de la ubicación de cada módem. En base a estos datos, se podría conocer el movimiento de los trabajadores de cada partida a lo largo del monitoreo. En la Figura 30 se muestra la ubicación de los módems Raspberry Pi utilizados durante el monitoreo de la partida de carpintería. Como se puede observar, las zonas de trabajo de esta partida variaban cada tres o cuatro días. En la Figura 31 se muestra la ubicación de los módems Raspberry Pi utilizados durante el monitoreo de la partida de acero. Como se puede observar, las zonas de trabajo de esta partida poseían dos comportamientos. Por un lado, existían zonas de trabajo con comportamiento estático ubicadas únicamente en el primer piso; mientras que, por otro lado, existían zonas de trabajo dinámicas ubicadas en los últimos pisos que variaban cada tres o cuatro días. En la Figura 32 se muestra la ubicación de los módems Raspberry Pi utilizados durante el monitoreo de la partida de tabiquería. Como se puede observar, las zonas de trabajo de esta partida permanecieron únicamente en un piso durante casi todo el monitoreo. En la Figura 33 se muestra la ubicación de los módems Raspberry Pi utilizados durante el monitoreo de las partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias, y tarrajeo. Como se puede observar, las zonas de trabajo de esta partida poseían dos comportamientos. Por un lado, existían zonas de trabajo con comportamiento estático ubicadas únicamente en el sexto piso; mientras que, por otro lado, existían zonas de trabajo dinámicas ubicadas en los últimos pisos que variaban cada tres días.

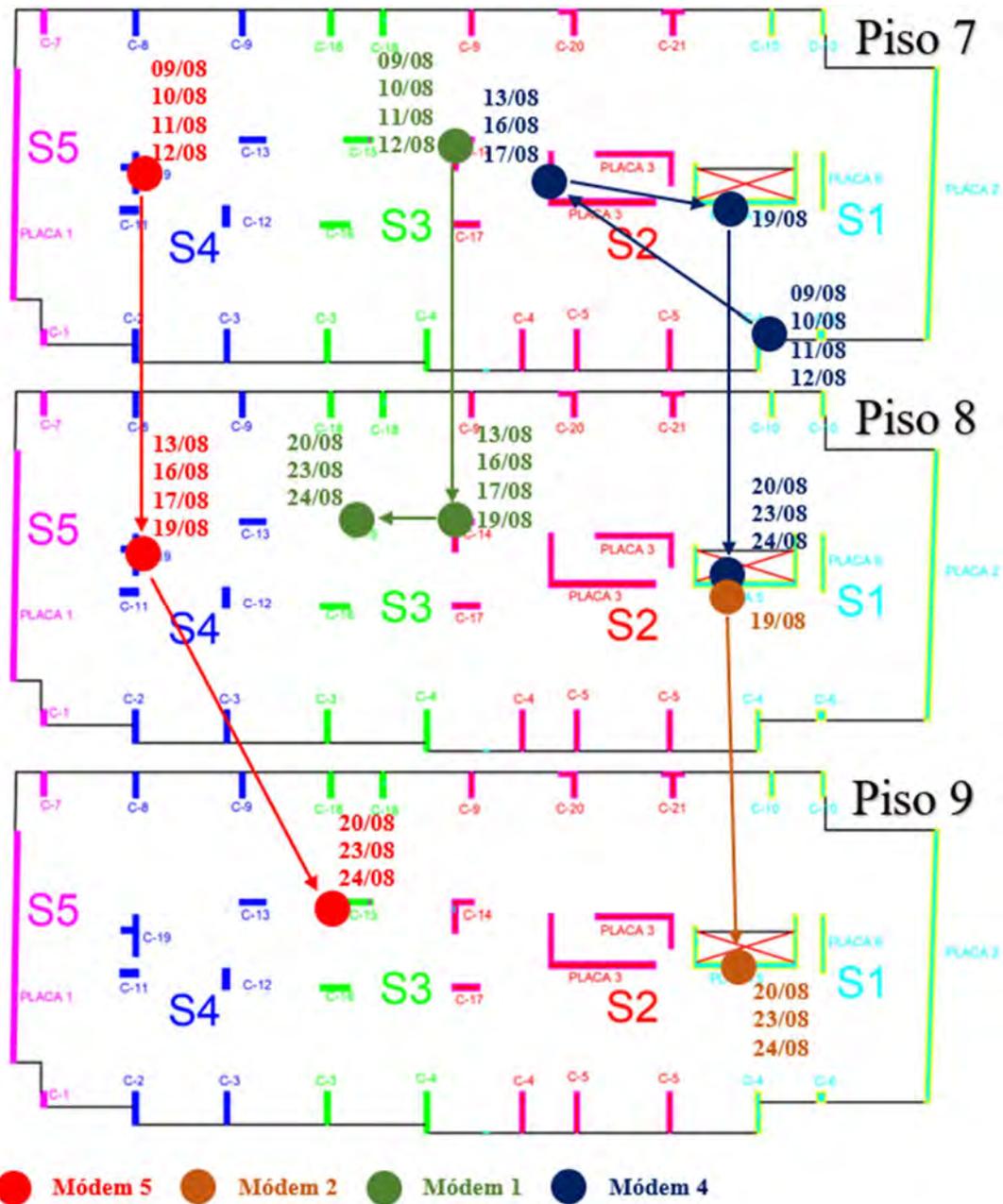


Figura 30. Ubicación de los módems Raspberry Pi durante el monitoreo de la partida de carpintería
 Nota. Elaboración propia.

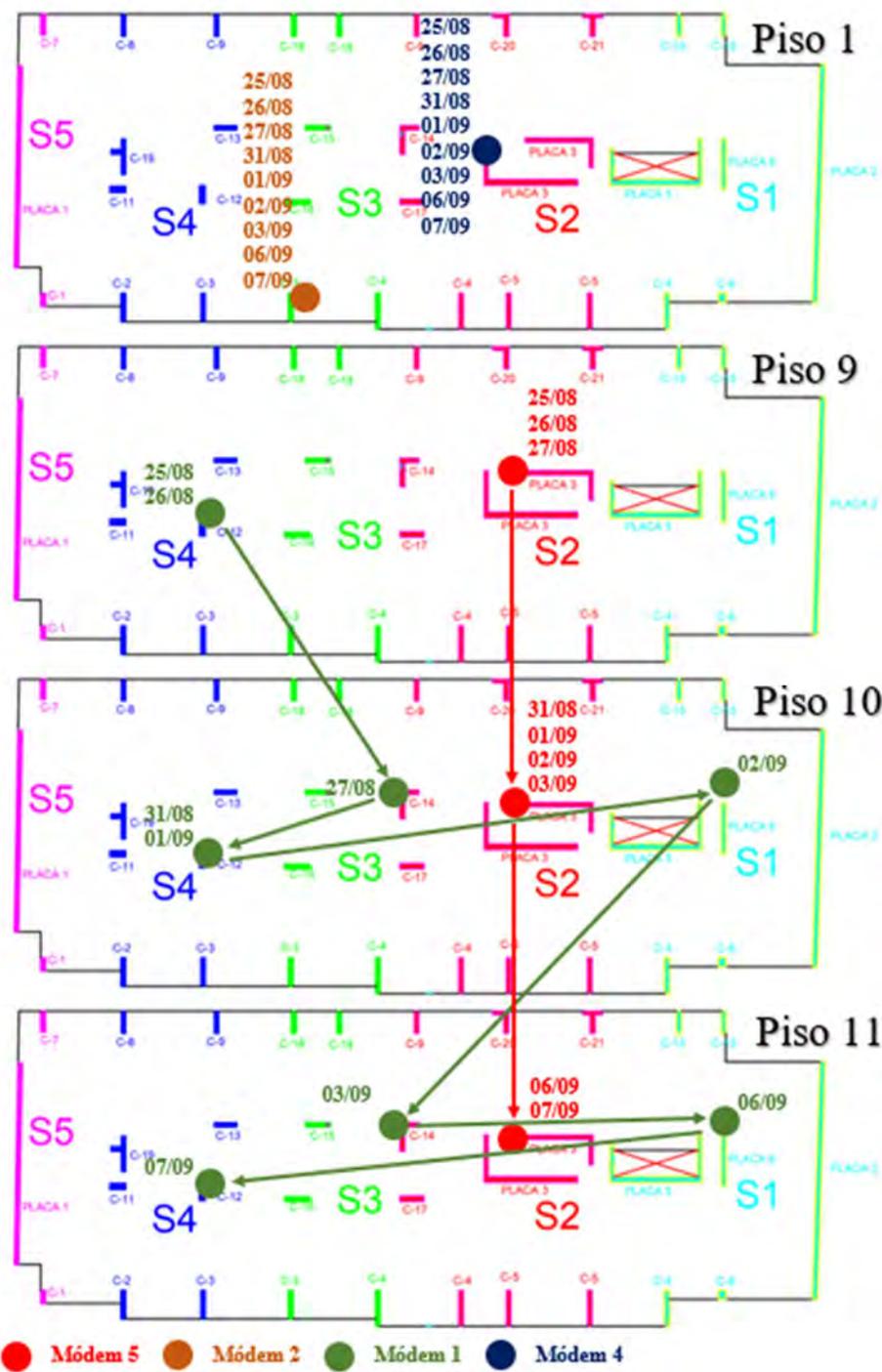


Figura 31. Ubicación de los módems Raspberry Pi durante el monitoreo de la partida de acero
 Nota. Elaboración propia.

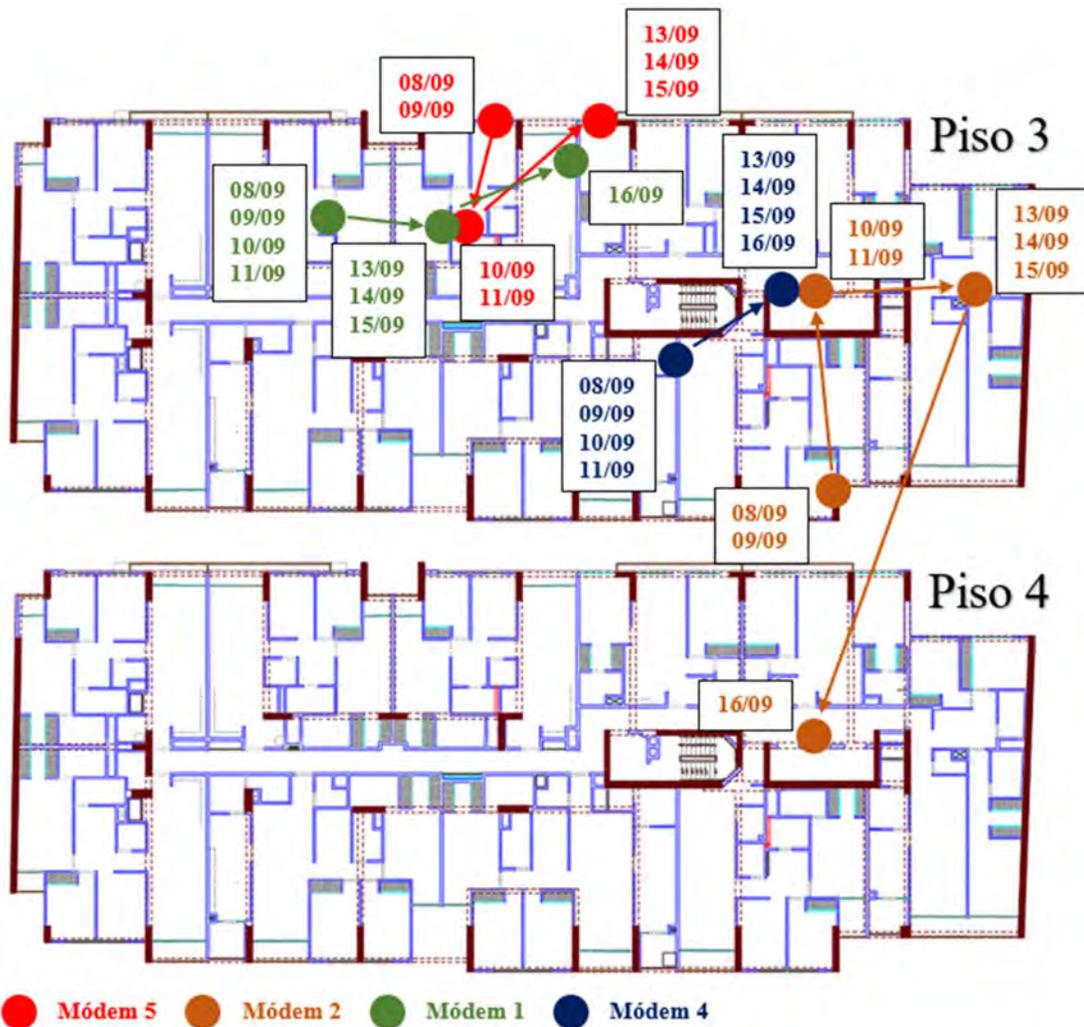


Figura 32. Ubicación de los módems Raspberry Pi durante el monitoreo de la partida de tabiquería
 Nota. Elaboración propia.

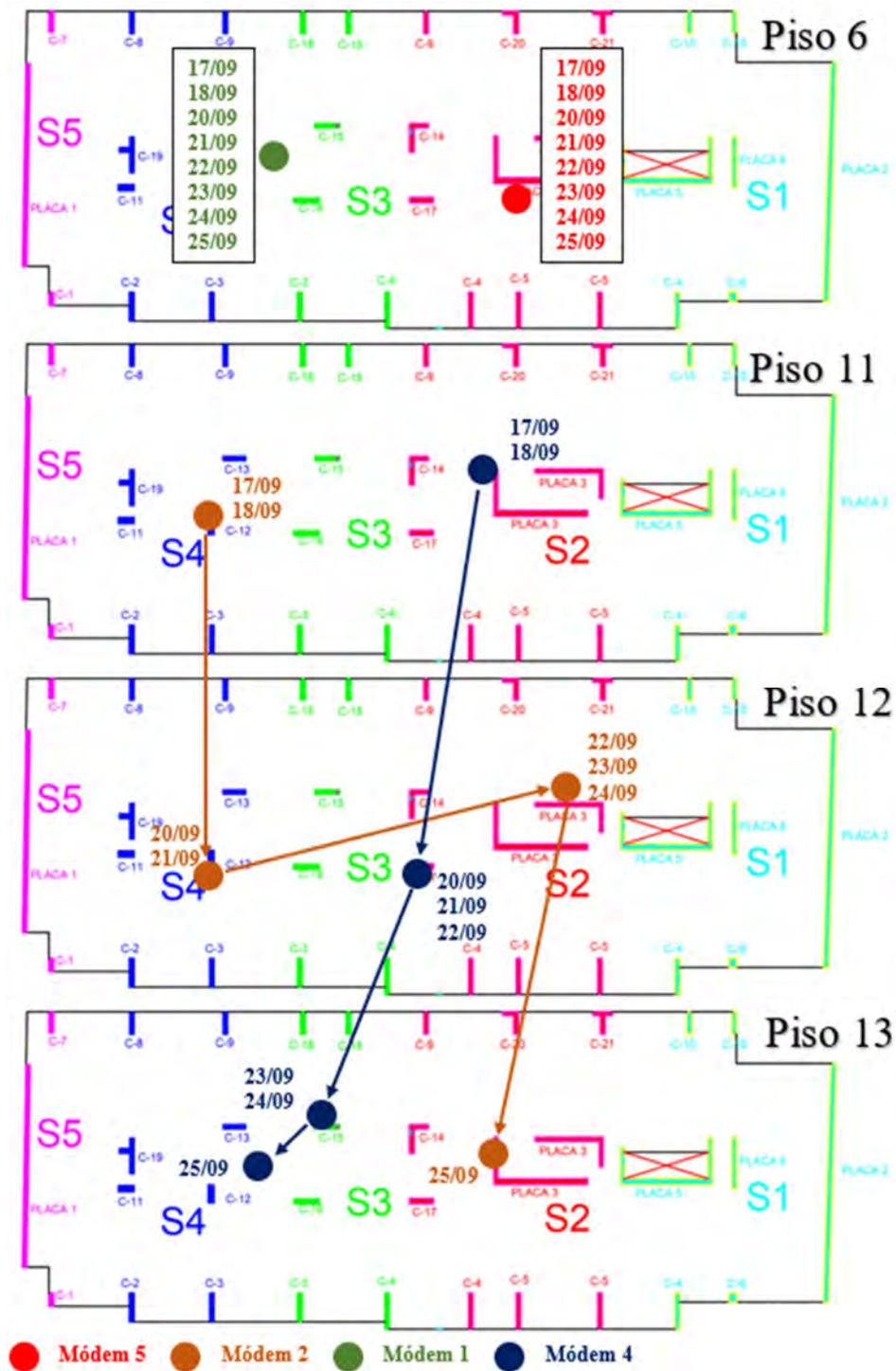


Figura 33. Ubicación de los módems Raspberry Pi durante el monitoreo de las partidas de instalaciones y tarrajeo

Nota. Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, la participación de los trabajadores en esta investigación no fue obligatoria. Antes de comenzar el monitoreo, se les indicó que podían negarse a participar en caso no se sintieran cómodos con la tecnología ICONS o en caso presentarán alguna dificultad con la metodología a seguir durante el tiempo de monitoreo. Además, se brindaba la opción a los trabajadores de poder terminar su participación durante el monitoreo, si evidenciaba que este afectaba de alguna manera su trabajo o su salud. En base a la información registrada, se puede conocer la cantidad de trabajadores por partida que aceptaron participar del monitoreo. No obstante, debido a que solo se contaba únicamente con veintinueve sensores, este número era el límite de trabajadores que se podían monitorear en simultáneo. En la Tabla 12 se puede observar la cantidad de trabajadores invitados a participar del monitoreo y la cantidad de trabajadores que aceptaron participar del monitoreo por partida.

Tabla 12

Número de trabajadores que participaron del monitoreo

	Invitados	Monitoreados
Encofrado	30	23
Acero	24	18
Tabiquería	26	17
Instalaciones	18	14
Tarrajeo	7	7
	105	79
	100.0%	75.2%

Nota. Elaboración propia.

4.3. Encuesta realizada a los trabajadores

4.3.1. Formato de la encuesta

Se planificó la realización de encuestas a los trabajadores para poder conocer sus impresiones sobre diferentes aspectos relacionados al monitoreo. Para el desarrollo del formato a utilizar en la presente investigación, se consideró la estructura de la encuesta realizada por el ingeniero civil Alonso Urbina en un estudio previo con la tecnología ICONS. Por ello, el formato de la presente encuesta también incluye los aspectos de privacidad, seguridad, utilidad, bienestar y aceptación. La encuesta se divide dos secciones; una primera sección de índole general y otra segunda sección de preguntas referentes a la percepción del trabajador sobre el monitoreo. A su vez, la segunda sección posee cinco partes y cada una atiende a un aspecto diferente. La primera sección de la encuesta consiste en una serie de preguntas de información

general que el trabajador contestará completando sus datos, lo cual nos permite identificarlo y poder clasificar la encuestas. Por otro lado, la primera parte de la segunda sección de la encuesta consiste en preguntas sobre la percepción de la privacidad, lo que nos permite conocer si el trabajador siente que su privacidad ha sido invadida. La segunda parte de esta sección consiste en preguntas sobre la seguridad, lo que nos permite conocer si el trabajador distinguió mejoras en la seguridad de la obra o menores riesgos atribuidas a la tecnología ICONS. La tercera parte de esta sección consiste en preguntas enfocadas en la percepción de la utilidad del monitoreo, lo que nos permite conocer si el trabajador percibió mejoras en su producción o en su trabajo atribuidas a la tecnología ICONS. La cuarta parte de esta sección consiste en preguntas enfocadas en el bienestar del trabajador, lo que nos permite conocer si existió efectos negativos en el bienestar de los trabajadores atribuidas a la tecnología ICONS. Por último, la quinta parte de esta sección consiste en preguntas enfocadas en la aceptación de la tecnología, lo que nos permite conocer el grado de aceptación de los trabajadores frente al monitoreo mediante la tecnología ICONS. En la Figura 34 se indica las secciones del formato de la encuesta y las partes de cada sección.

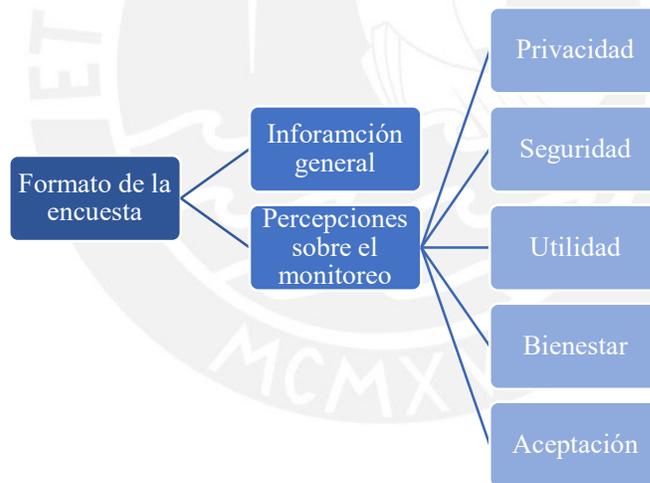


Figura 34. Formato de la encuesta

Nota. Elaboración propia.

La encuesta consiste en una serie de treintaicinco preguntas de las cuales cinco preguntas pertenecen a la primera sección, mientras que las treinta preguntas restantes pertenecen a la segunda sección y se dividen entre las cinco partes de esta sección. Las preguntas de la primera sección tienen la finalidad de recoger información demográfica, por lo cual constan de preguntas sobre la edad, la experiencia en la construcción, el rol que cumple en su cuadrilla y la cuadrilla a la que pertenece. Por otro lado, las preguntas de la segunda sección buscan conocer las percepciones de los trabajadores respecto a los cinco aspectos

mencionados anteriormente. Para ello, los trabajadores encuestados deben responder a las preguntas utilizando la escala de Likert, con la cual se medirá el nivel de aceptación o rechazo. A las respuestas de estas preguntas se les otorgará un puntaje, por lo que el puntaje de uno corresponderá a la respuesta “Totalmente en desacuerdo”, un dos corresponderá a “En desacuerdo”, un tres corresponderá a “De acuerdo” y un cuatro corresponderá a “Totalmente de acuerdo”. Para dar una respuesta a la pregunta, los trabajadores deberán de marcar el casillero que consideren se asocie mejor a la percepción que tiene sobre lo consultado. El formato de la encuesta utilizado en esta investigación se encuentra en el Anexo A. En la Tabla 13 se puede observar las preguntas presentes en la encuesta que se utilizó en esta investigación.

Tabla 13

Número y códigos de las preguntas presentes en la encuesta

Código	Número		Pregunta
B1	1	<i>Estoy cómodo en permitirle a la empresa ...</i>	... 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
C1	5	<i>El monitoreo me protege de...</i>	... Riesgos de caída
C2	6		... Elementos de izaje
C3	7		... Maquinarias y equipos
C4	8		... Zonas peligrosas
D1	9	<i>El monitoreo permite ...</i>	... Mejorar mi productividad
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
Ps-E1	13	<i>El monitoreo te hace sentir...</i>	... 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	<i>El monitoreo te hace sentir...</i>	... Estrés
Ph-E8	20		... Cansancio
Ph-E9	21		... Mayor concentración
S-E10	22	<i>El monitoreo afecta tu ...</i>	... Interacción con la supervisión
S-E11	23		... Interacción con tus compañeros de trabajo
S-E12	24		... Tu movimiento libre dentro de la obra
F1	25	<i>Considero que ...</i>	... El monitoreo es una buena idea
F2	26		... Me gusta 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

Nota. Elaboración propia.

4.3.2. Metodología de la encuesta

El proceso de la realización de las encuestas a los trabajadores de las partidas seleccionadas para el monitoreo se realizó durante las charlas de seguridad previa coordinación con el ingeniero de seguridad de la obra y con los responsables de las diferentes partidas. Estas charlas se llevaban a cabo en las mañanas previo al comienzo de la jornada diaria (8:00 a.m.). Además, estas tenían una duración entre veinte y treinta minutos, variaba el tiempo dependiendo de la partida, de los cuales se nos brindó diez minutos para la realización de las encuestas. Se realizaron dos encuestas por partida; la primera encuesta a mitad del monitoreo y la segunda encuesta al final del monitoreo. Como se explicó previamente, se dividió a los trabajadores en grupos pequeños a cargo de un investigador. Dentro de estos grupos, el investigador debía brindar una orientación sobre la forma correcta de llenado de las encuestas sin intervenir o influenciar en las respuestas de los trabajadores a encuestar. En la Figura 35 se puede observar a un grupo de trabajadores a encuestar como son guiados por un investigador para contestar sus encuestas. Por otro lado, existieron casos donde a ciertos trabajadores, debido a problemas de comprensión de lectura, dificultades con la visibilidad de las preguntas u otros motivos, se les complica el llenado de las encuestas. Para estos casos, un investigador se acerca y guiaba personalmente al trabajador con dificultades. En la Figura 36 se puede observar a los trabajadores que necesitaron ser guiados por un investigador personalmente para poder contestar sus encuestas.



Figura 35. Grupo de trabajadores a encuestar a cargo de un investigador

Nota. Elaboración propia.



Figura 36. Trabajadores que se guiaron personalmente

Nota. Elaboración propia.

4.4. Entrevista realizada a los trabajadores

4.4.1. Diseño de la entrevista

Se decidió conocer de manera cualitativa la respuesta de los trabajadores monitoreados por medio de entrevistas, de manera que se pueda conocer, en sus propias palabras, su percepción ante el monitoreo en tiempo real. En primer lugar, se diseñaron preguntas que permitieran conocer información general del trabajador como la partida a la cual pertenece o la experiencia que tiene en esta. En segundo lugar, se formularon preguntas que permitieran reconocer la percepción que presentó el personal respecto a la utilidad de la herramienta. En tercer lugar, se realizó una pregunta para conocer si es que los trabajadores percibieron que la incorporación del monitoreo podría mejorar la seguridad en obra. En cuarto lugar, se plantearon preguntas mediante las cuales se pueda indagar sobre los posibles efectos físicos, emocionales o psicológicos. En quinto lugar, se formularon preguntas para analizar la aceptación del personal al seguimiento de su ubicación y si se encontrarían interesados en volver a participar en un futuro monitoreo. Por último, en sexto lugar, se diseñó una pregunta para analizar si existe un vínculo o relación entre la aceptación del monitoreo y la percepción de que esta pueda afectar su puesto de trabajo. La incorporación de las diversas preguntas formuladas permite obtener el formato de la entrevista a realizar a los miembros seleccionados de las partidas estudiadas. En el Anexo D se encuentra el formato de la entrevista.

4.4.2. Metodología de la entrevista

Se acordó con los encargados de la obra la realización de entrevistas a los trabajadores, siempre y cuando no se interrumpa la realización de sus actividades, y se cuente con el consentimiento y aprobación de este. Además, se planificó realizar las entrevistas en los últimos días de monitoreo de cada partida, ya que los obreros tendrían una mejor percepción sobre la experiencia de ser monitoreados. Esta experiencia podría ser positiva, negativa o neutral, en el caso que no haya impactado con su jornada laboral.

Para poder realizar cada entrevista, se coordinó previamente con algunos de los trabajadores monitoreados, de manera que se les pudo consultar sobre su participación e informales que no es de carácter obligatorio. Con los trabajadores que aceptaron participar se coordinó una fecha para poder realizar las preguntas; se les propuso a los trabajadores que las entrevistas se realizaran antes de la charla de seguridad y en un lugar cómodo de la obra donde se disminuyan las interrupciones. El tiempo máximo que demoró la realización de cada entrevista fue de aproximadamente 5 minutos. Al comenzar con la entrevista, en primer lugar, se procedió a explicarle al trabajador las consideraciones del proceso; estas consideraciones indicaban que solo se grabaría el audio de la entrevista y no se revelaría su identidad. En segundo lugar, se realizaron las preguntas del formato del Anexo D para poder conocer su percepción al monitoreo mediante los sensores. Finalmente, se agradeció al trabajador por su tiempo y colaboración en la actividad.

Al momento de realizar las preguntas para conocer la percepción de los trabajadores sobre el impacto del monitoreo, se intentó entender y comprender la propia experiencia de cada individuo. Para ello, durante la entrevista, se realizaban repreguntas con la finalidad de que el trabajador pueda ampliar o completar su respuesta. Cabe resaltar que, no se indujeron respuestas al obrero ya que se mantuvo una postura de neutralidad durante toda la entrevista. Una vez registradas todas las entrevistas, se realizó el análisis respectivo. En el capítulo seis, se muestran los resultados de evaluar los comentarios obtenidos de los trabajadores frente al monitoreo y de estudiar las posibles causas que mejoren o disminuyan la aceptación de la herramienta en futuros proyectos. Asimismo, en ese capítulo, se muestran las respuestas clasificadas después de analizar si la observación del trabajador en cada área evaluada sería positiva, negativa o neutral.

4.4.3. Procesamiento de la información

Las entrevistas fueron registradas por medio de audios grabados, los cuales fueron almacenados en dispositivos celulares para posteriormente ser subidos a una misma carpeta compartida. Una vez se hayan agrupado todas las entrevistas en la carpeta, estas se podrán transcribir para ser analizadas y estudiadas con la finalidad de conocer las diferentes perspectivas de los trabajadores monitoreados con respecto al monitoreo en tiempo real. Los investigadores podrán determinar si la respuesta obtenida por el trabajador refleja una postura positiva o entusiasta hacia la herramienta o si expresa una inconformidad con la aplicación del monitoreo en obra o, adicionalmente, si expresa que la herramienta no tuvo un impacto en el área evaluada.



5. ANÁLISIS CUANTITATIVO

5.1. Resultados obtenidos en la primera encuesta

Todas las encuestas fueron contestadas de forma anónima por los trabajadores de las diferentes partidas. Sin embargo, para la clasificación y posterior análisis de las respuestas se utilizaron los datos presentes en la primera sección de la encuesta, la cual contaba con preguntas de información personal. Se realizó la primera encuesta a los trabajadores que estaban participando del monitoreo una vez completada la mitad del tiempo de monitoreo. Esto con la finalidad de que los trabajadores puedan experimentar un monitoreo de su ubicación y un acercamiento con la tecnología ICONS. De esta manera, todos los trabajadores a encuestar ya poseen experiencia con la tecnología de monitoreo y conocen su funcionamiento y alcance.

Las encuestas no fueron de carácter obligatorio, pero se les solicitó a todos los trabajadores que participaron del monitoreo que participarían de esta. De un total de setenta y nueve trabajadores monitoreados se obtuvo una cantidad de sesenta trabajadores (75.9%) que aceptaron participar de la primera encuesta. La Tabla 14 presenta la cantidad de trabajadores de cada partida que aceptaron participar de la primera encuesta.

Tabla 14

Número de trabajadores que participaron de la primera encuesta

	Monitoreados	Primera Encuesta
Encofrado	23	16
Acero	18	18
Tabiquería	17	14
Instalaciones	14	8
Tarrajeo	7	4
	79	60
	100.0%	75.9%

Nota. Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, las respuestas de los trabajadores a las preguntas de la segunda sección de la encuesta reciben una puntuación de acuerdo con la escala de Likert. Es importante mencionar que un puntaje alto se considera como una respuesta positiva o satisfactoria en todas las preguntas excepto en las preguntas Ps-E2, Ps-E3, Ps-E6, Ps-E7, Ps-E8, S-E10, S-E11 y S-E12. En estas preguntas, una respuesta con un puntaje bajo refleja una mejor aceptación y/o conformidad con el monitoreo mediante la tecnología de sensores ICONS. En la Tabla 15 se puede observar los resultados de las encuestas por partida y en la

Tabla 16 se puede observar los resultados generales obtenidos de las encuestas tomadas pasada la mitad del tiempo de monitoreo.

Tabla 15

Resultados de la primera encuesta por partida

	COD	Promedio Carpintería	Promedio Acero	Promedio Tabiquería	Promedio Instalaciones	Promedio Tarrajeo	Promedio General
Privacidad	B1	3.38	3.18	2.67	3.25	2.50	3.09
	B2	3.13	3.00	2.75	2.75	2.25	2.89
	B3	3.25	3.22	2.71	2.75	3.00	3.03
	B4	3.25	3.12	2.79	2.88	3.00	3.03
Seguridad	C1	3.13	3.22	2.64	2.71	2.50	2.95
	C2	3.33	3.19	2.57	2.50	2.67	2.95
	C3	3.20	3.07	2.36	2.63	2.25	2.80
	C4	3.38	3.28	2.50	2.88	3.00	3.05
Utilidad	D1	3.38	2.94	2.62	3.00	3.00	3.00
	D2	3.19	2.88	2.69	2.75	2.50	2.88
	D3	3.31	2.94	2.77	2.88	2.50	2.97
	D4	3.25	3.00	2.77	3.25	3.00	3.05
Bienestar psicológico	Ps - E1	2.94	3.00	2.54	2.75	2.50	2.81
	Ps - E2	2.00	1.69	2.07	1.63	2.00	1.89
	Ps - E3	1.88	1.71	1.93	1.75	2.00	1.84
	Ps - E4	2.87	2.75	2.43	3.00	3.00	2.75
	Ps - E5	3.00	3.06	2.57	2.88	3.00	2.90
	Ps - E6	2.13	2.00	2.00	2.13	1.50	2.02
Bienestar físico	Ph - E7	2.20	1.93	2.00	1.88	1.75	2.00
	Ph - E8	1.88	1.93	2.00	1.88	2.00	1.93
	Ph - E9	2.64	2.83	2.43	2.75	2.50	2.66
Bienestar social	S - E10	2.69	2.28	1.93	2.38	2.33	2.30
	S - E11	2.69	2.33	2.14	2.38	2.25	2.37
	S - E12	2.54	2.61	2.00	2.50	2.00	2.39
Aceptación	F1	3.13	3.06	2.79	3.13	3.25	3.03
	F2	3.07	2.87	2.21	3.00	2.50	2.75
	F3	3.20	2.88	2.69	2.75	2.75	2.89
	G1	3.15	2.92	2.62	2.71	3.00	2.88
	G2	3.23	3.00	2.67	2.88	2.50	2.92
	G3	3.31	2.80	2.67	3.00	2.75	2.92

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16

Resultados generales de la primera encuesta tomada a mitad del monitoreo

	COD	Puntaje de Total	Respuestas válidas (N)	Desviación estándar	Varianza
Privacidad	B1	176	57	0.689	0.474

	B2	165	57	0.699	0.489
	B3	182	60	0.663	0.440
	B4	179	59	0.586	0.344
Seguridad	C1	171	58	0.686	0.471
	C2	165	56	0.773	0.597
	C3	154	55	0.678	0.459
	C4	183	60	0.723	0.523
Utilidad	D1	177	59	0.719	0.517
	D2	164	57	0.569	0.324
	D3	172	58	0.561	0.315
	D4	174	57	0.548	0.301
Bienestar psicológico	Ps - E1	160	57	0.611	0.373
	Ps - E2	102	54	0.538	0.289
	Ps - E3	103	56	0.417	0.174
	Ps - E4	157	57	0.714	0.510
	Ps - E5	171	59	0.662	0.438
	Ps - E6	113	56	0.556	0.309
Bienestar físico	Ph - E7	112	56	0.505	0.255
	Ph - E8	110	57	0.530	0.281
	Ph - E9	154	58	0.739	0.546
Bienestar social	S - E10	129	56	0.601	0.361
	S - E11	135	57	0.587	0.344
	S - E12	136	56	0.731	0.534
Aceptación	F1	179	59	0.524	0.275
	F2	151	55	0.821	0.675
	F3	162	56	0.623	0.388
	G1	144	50	0.594	0.353
	G2	149	51	0.659	0.434
	G3	152	52	0.763	0.582

Nota. Elaboración propia.

Como resultado general de la primera encuesta, se aprecia que algunos de los trabajadores percibieron un efecto no contribuyente en su bienestar, específicamente sobre su bienestar social, debido a que es el área de la encuesta con el menor puntaje entre las áreas evaluadas. Esta área posee un promedio general de 2.65¹ de 4. Por otro lado, se aprecia que los trabajadores no percibieron un efecto negativo, riesgo o invasión, en su privacidad debido a que es el área de la encuesta con el mayor puntaje entre las áreas evaluadas. Esta área posee un promedio general de 3.01 de 4.

¹ Se debe tener en cuenta que esta área posee preguntas que reflejan una respuesta positiva si la respuesta obtiene el menor puntaje posible. Por ello, no se calculó el promedio de la forma tradicional, sino que, para la obtención del promedio, se obtuvo el complemento del puntaje de las respuestas y este complemento fue utilizado para el cálculo del promedio.

Con respecto a los aspectos de bienestar psicológico y bienestar físico, son la tercera y la quinta área de las encuestas con mayor puntaje, respectivamente, entre las áreas evaluadas. A pesar de no poseer los promedios más altos, estos promedios aún reflejan una buena situación. El promedio general del área de bienestar psicológico es de 2.95¹ de 4, mientras que el promedio general del área de bienestar físico es de 2.91¹ de 4. Por otro lado, en base a las respuestas, se observa que existe una adecuada aceptación de los trabajadores, en general, frente al monitoreo mediante la tecnología ICONS y una destacable buena percepción de su utilidad. El promedio general del área de aceptación es de 2.90 de 4, mientras que el promedio general del área de utilidad es de 2.97 de 4.

Para una adecuada visualización de la distribución de las respuestas de la encuesta, se las separará en dos grupos. Un primer grupo donde se agrupan las respuestas de las preguntas que esperan valores cercanos a cuatro. En la Figura 37 se observa este tipo de preguntas que buscan respuestas con valores altos. Y un segundo grupo donde se agrupan las respuestas de las preguntas que esperan valores cercanos a uno. En la Figura 38 se observa este tipo de preguntas que buscan respuestas con valores bajos. A partir de las figuras mencionadas anteriormente, se puede observar un pico en la pregunta B1, para el primer grupo donde se esperan respuestas altas, y otro pico en la pregunta E3, para el segundo grupo donde se esperan respuestas bajas.

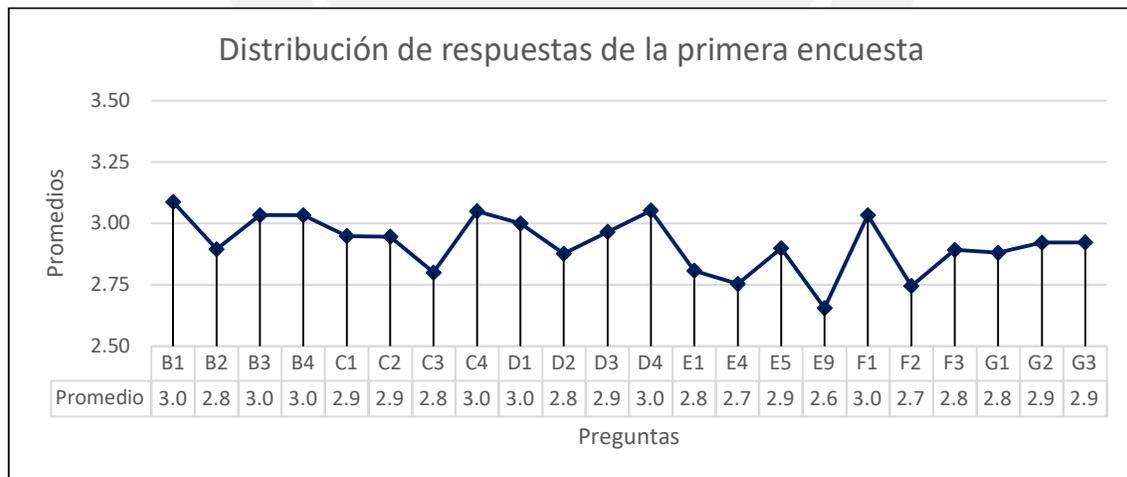


Figura 37. Distribución de las respuestas de la primera encuesta con expectativa de valores altos

Nota. Elaboración propia.

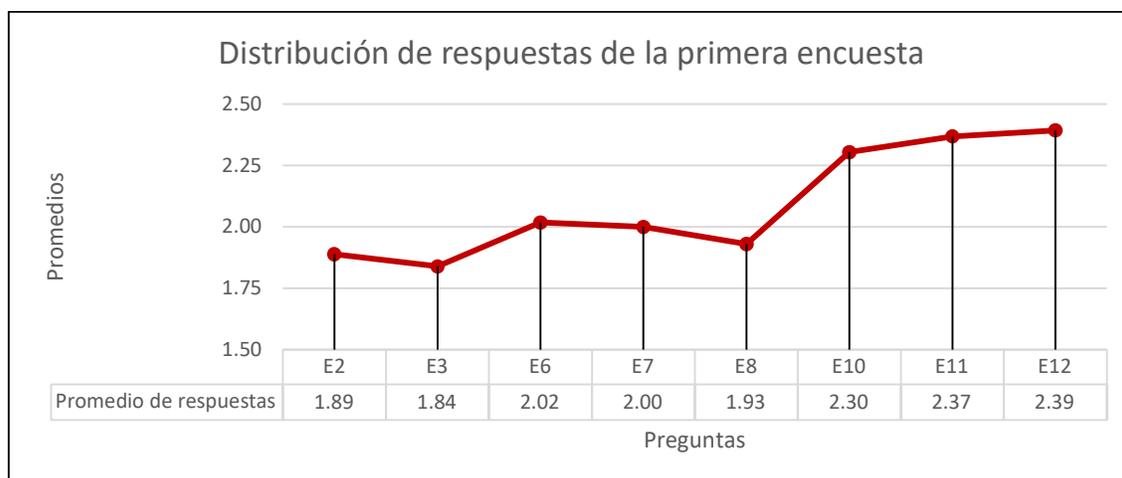


Figura 38. Distribución de las respuestas de la primera encuesta con expectativa de valores bajos

Nota. Elaboración propia.

5.2. Resultados obtenidos en la segunda encuesta

Todas las encuestas fueron contestadas de forma anónima por los trabajadores de las diferentes partidas. Sin embargo, para la clasificación y posterior análisis de las respuestas se utilizaron los datos presentes en la primera sección de la encuesta, la cual contaba con preguntas de información personal. Se realizó la segunda encuesta a los trabajadores que estaban participando del monitoreo una vez completado el tiempo de monitoreo. Esto con la finalidad de que los trabajadores puedan expresar a través de sus respuestas cual fue su experiencia con el monitoreo mediante la tecnología ICONS.

Las encuestas no fueron de carácter obligatorio, pero se les solicitó a todos los trabajadores que participaron del monitoreo que participarán de esta. De un total de setentainueve trabajadores monitoreados se obtuvo una cantidad de cincuentaicinco trabajadores (69.6%) que aceptaron participar de la segunda encuesta. Cabe resaltar que los trabajadores de la partida de tarrajeo, no pudieron ser encuestados una segunda vez debido a temas de tiempo, y que algunos de los trabajadores encuestados en una primera instancia no aceptaron volver a ser encuestados. La Tabla 17 presenta la cantidad de trabajadores de cada partida que aceptaron participar de la primera encuesta.

Tabla 17

Número de trabajadores que participaron de la segunda encuesta

	Monitoreados	Segunda Encuesta
Encofrado	23	14
Acero	18	18

Tabiquería	17	13
Instalaciones	14	10
Tarrajeo	7	-
	79	55
	100.0%	69.6%

Nota. Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, las respuestas de los trabajadores a las preguntas de la segunda sección de la encuesta reciben una puntuación de acuerdo con la escala de Likert. Es importante mencionar que un puntaje alto se considera como una respuesta positiva o satisfactoria en todas las preguntas excepto en las preguntas Ps-E2, Ps-E3, Ps-E6, Ps-E7, Ps-E8, S-E10, S-E11 y S-E12. En estas preguntas, una respuesta con un puntaje bajo refleja una mejor aceptación y/o conformidad con el monitoreo mediante la tecnología de sensores ICONS. En la Tabla 18 se puede observar los resultados de las encuestas por partida y en la Tabla 19 se puede observar los resultados generales obtenidos de las encuestas tomadas finalizado el tiempo de monitoreo.

Tabla 18

Resultados de la segunda encuesta por partida

	COD	Promedio Carpintería	Promedio Acero	Promedio Tabiquería	Promedio Instalaciones	Promedio General
Privacidad	B1	3.14	3.11	3.00	3.20	3.11
	B2	3.00	3.06	2.69	3.10	2.96
	B3	3.00	3.28	3.00	3.10	3.11
	B4	3.07	3.24	3.00	3.20	3.13
Seguridad	C1	3.08	2.94	2.54	2.89	2.87
	C2	3.08	2.94	2.50	2.78	2.84
	C3	3.00	2.81	2.23	2.80	2.71
	C4	2.92	3.00	2.33	2.90	2.81
Utilidad	D1	3.21	2.65	2.46	3.00	2.81
	D2	3.17	2.88	2.69	2.88	2.90
	D3	3.36	2.83	2.54	3.10	2.95
	D4	3.31	2.83	2.62	3.20	2.96
Bienestar psicológico	Ps - E1	3.07	3.19	2.62	2.70	2.92
	Ps - E2	1.85	1.94	1.92	1.40	1.81
	Ps - E3	1.64	2.18	2.08	1.40	1.87
	Ps - E4	2.86	3.06	2.38	2.50	2.74
	Ps - E5	2.93	2.89	2.62	2.50	2.76
	Ps - E6	1.71	1.94	1.85	1.40	1.76
Bienestar físico	Ph - E7	1.64	1.88	1.92	1.40	1.74
	Ph - E8	1.79	1.76	1.85	1.60	1.76
	Ph - E9	2.38	2.50	2.62	2.80	2.56

Bienestar social	S - E10	2.23	1.94	2.15	2.00	2.07
	S - E11	2.31	2.06	2.00	1.80	2.06
	S - E12	2.18	2.22	2.08	2.00	2.14
Aceptación	F1	3.00	3.11	3.00	3.10	3.06
	F2	2.77	3.06	2.75	3.00	2.90
	F3	2.86	2.76	2.85	3.00	2.85
	G1	2.80	2.92	2.91	3.00	2.91
	G2	2.80	3.07	2.91	3.00	2.96
	G3	2.80	2.81	3.11	2.88	2.88

Nota. Elaboración propia.

Tabla 19

Resultados generales de la segunda encuesta tomada al final del monitoreo

	COD	Puntaje de Total	Respuestas válidas (N)	Desviación estándar	Varianza
Privacidad	B1	171	55	0.497	0.247
	B2	163	55	0.666	0.443
	B3	171	55	0.533	0.443
	B4	169	54	0.616	0.379
Seguridad	C1	152	53	0.621	0.386
	C2	142	50	0.681	0.464
	C3	141	52	0.696	0.484
	C4	146	52	0.715	0.511
Utilidad	D1	152	54	0.754	0.569
	D2	145	50	0.544	0.296
	D3	162	55	0.621	0.386
	D4	160	54	0.643	0.414
Bienestar psicológico	Ps - E1	155	53	0.730	0.533
	Ps - E2	94	52	0.487	0.237
	Ps - E3	101	54	0.674	0.455
	Ps - E4	148	54	0.757	0.573
	Ps - E5	152	55	0.693	0.480
	Ps - E6	95	54	0.671	0.450
Bienestar físico	Ph - E7	94	54	0.521	0.271
	Ph - E8	95	54	0.581	0.337
	Ph - E9	138	54	0.634	0.403
Bienestar social	S - E10	112	54	0.578	0.334
	S - E11	109	53	0.569	0.324
	S - E12	107	50	0.639	0.409
Aceptación	F1	165	54	0.564	0.318
	F2	145	50	0.789	0.622
	F3	154	54	0.627	0.393
	G1	128	44	0.640	0.410
	G2	133	45	0.673	0.453
	G3	124	43	0.662	0.439

Nota. Elaboración propia.

Como resultado general de la segunda encuesta, se aprecia que algunos de los trabajadores percibieron un efecto no contribuyente en su bienestar, específicamente sobre su bienestar social, debido a que es una de las áreas de la encuesta con el menor puntaje. Sin embargo, esta área alcanzó un promedio de general de 2.91² de 4. Por otro lado, se aprecia que los trabajadores no percibieron un efecto negativo, riesgo o invasión, en su privacidad debido a que es el área de la encuesta con el mayor puntaje entre las áreas evaluadas. Esta área posee un promedio de general de 3.09 de 4.

Con respecto a los aspectos de bienestar físico y bienestar psicológico, son la segunda y la tercera área de las encuestas con mayor puntaje, respectivamente, entre las áreas evaluadas. Estos promedios indican una situación favorable para el área de bienestar. El promedio general del área de bienestar físico es de 3.02² de 4, mientras que el promedio general del área de bienestar psicológico es de 3.00² de 4. Por otro lado, en base a las respuestas, se observa que existe una adecuada aceptación de los trabajadores frente al monitoreo mediante la tecnología ICONS. El promedio general del área de aceptación es de 2.93 de 4.

Para una adecuada visualización de la distribución de las respuestas de la encuesta, se las separará en dos grupos. Un primer grupo donde se agrupan las respuestas de las preguntas que esperan valores cercanos a cuatro. En la Figura 39 se observa este tipo de preguntas que buscan respuestas con valores altos. Y un segundo grupo donde se agrupan las respuestas de las preguntas que esperan valores cercanos a uno. En la Figura 40 se observa este tipo de preguntas que buscan respuestas con valores bajos. A partir de las figuras mencionadas anteriormente, se puede observar un pico en la pregunta B4, para el primer grupo donde se esperan respuestas altas, y otros picos en la pregunta E7, para el segundo grupo donde se esperan respuestas bajas.

² Se debe tener en cuenta que esta área posee preguntas que reflejan una respuesta positiva si la respuesta obtiene el menor puntaje posible. Por ello, no se calculó el promedio de la forma tradicional, sino que, para la obtención del promedio, se obtuvo el complemento del puntaje de las respuestas y este complemento fue utilizado para el cálculo del promedio.

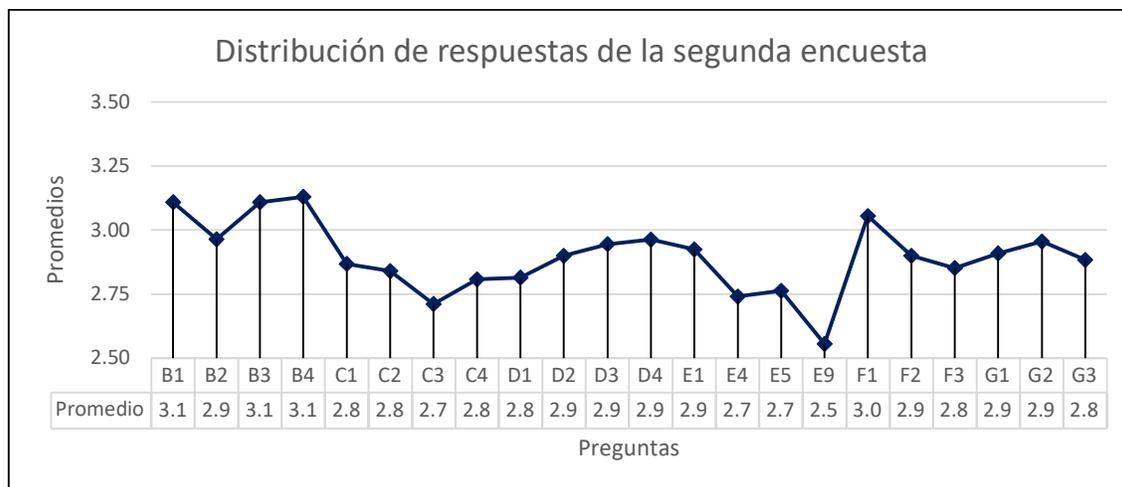


Figura 39. Distribución de las respuestas de la segunda encuesta con expectativa de valores altos
 Nota. Elaboración propia.

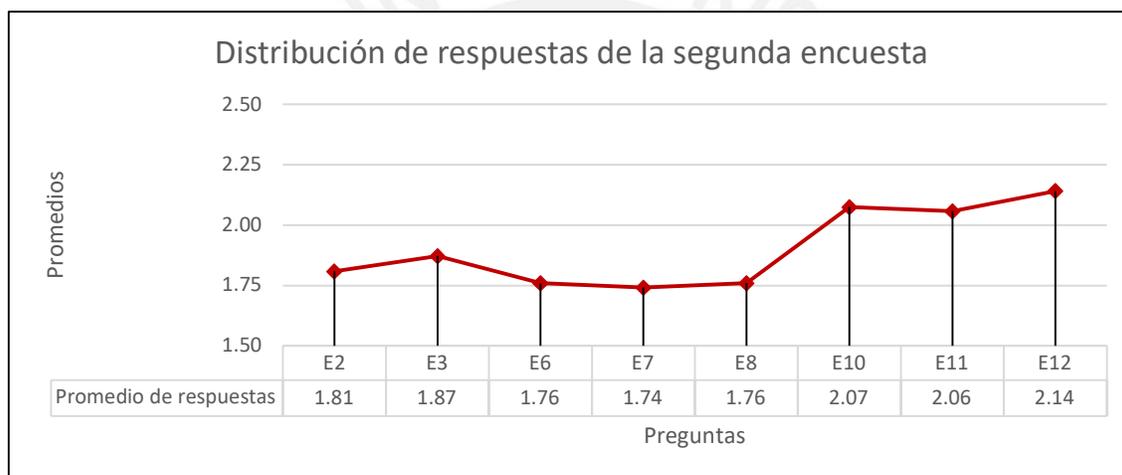


Figura 40. Distribución de las respuestas de la segunda encuesta con expectativa de valores bajos
 Nota. Elaboración propia.

5.3. Resultados generales de la encuesta

Respecto a la percepción de la aceptación del sistema ICONS por parte del trabajador, se obtuvieron, en general, buenos resultados. Esta área llegó a alcanzar un promedio general, considerando primera y segunda encuesta, de 2.91 de 4. En el área de la aceptación, la pregunta con menor promedio es la pregunta F2 (“Considera que le gusta ser monitoreado”); sin embargo, este promedio aún indica resultados favorables ya que alcanza un puntaje de 2.82 de 4. Por otro lado, la pregunta con mayor promedio de esta área es la pregunta F1 (“Considera que el monitoreo es una buena idea”) con un promedio que alcanza un puntaje de 3.04 de 4. Analizando los resultados obtenidos, se podría entender que la mayoría de los trabajadores consideran que el monitoreo es una buena idea y les gustaría que esta empresa de construcción

implemente un sistema de monitoreo debido a que les gusta ser monitoreado y consideran que este monitoreo hace su trabajo más interesante. Además, teniendo en cuenta que todas las partidas mostraron resultados aceptables de aceptación, la partida con mayor cantidad de trabajadores que gustaron de ser monitoreados y reconocieron su utilidad fue la de instalaciones eléctricas y sanitarias, como se puede observar en la Figura 42. Esto se puede inferir que es debido a la distribución de sus zonas de trabajo dentro de la obra. Los trabajadores de instalaciones trabajaban en diferentes pisos en simultáneo y, gran parte ellos, trabajaba en el techo del último piso por construir, como se puede observar en la Figura 33. Además, en varios momentos del día los trabajadores cambian de piso de trabajo para poder ayudar con el avance de otros pisos o para poder abastecerse de materiales. Debido a esto, se entiende que los trabajadores de instalaciones tengan una mayor aceptación del sistema ya que reconocieron que un monitoreo del personal ayudaría a mejorar la gestión y la distribución del personal en obra.

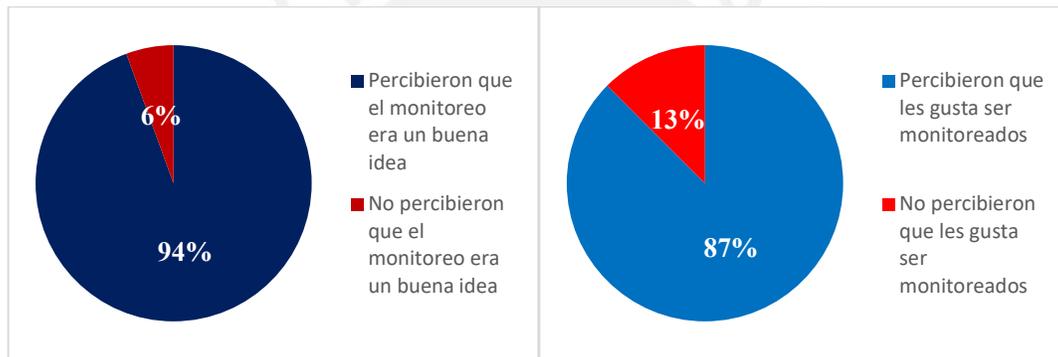


Figura 42. Percepción de aceptación de los trabajadores de instalaciones eléctricas

Nota. Elaboración propia.

Respecto a la percepción del bienestar por parte del trabajador, se obtuvieron, en general, buenos resultados. Esta área llegó a alcanzar un promedio general, considerando primera y segunda encuesta, de 2.91³ de 4. Por otro lado, el área de bienestar se dividió en tres aspectos, los cuales son psicológico, físico y social. De los tres aspectos el bienestar social fue el que obtuvo un menor promedio, el bienestar físico fue el que obtuvo el segundo mayor promedio, y el bienestar psicológico fue el que obtuvo el mayor promedio. El bienestar psicológico llegó a alcanzar un promedio general, considerando primera y segunda encuesta,

³ Se debe tener en cuenta que esta área posee preguntas que reflejan una respuesta positiva si la respuesta obtiene el menor puntaje posible. Por ello, no se calculó el promedio de la forma tradicional, sino que, para la obtención del promedio, se obtuvo el complemento del puntaje de las respuestas y este complemento fue utilizado para el cálculo del promedio.

de 2.98³ de 4, el bienestar físico alcanzo un promedio general de 2.96³ de 4 y el bienestar social alcanzo un promedio general de 2.78³ de 4.

Respecto al bienestar psicológico, la pregunta con menor promedio es la pregunta Ps-E4 (“El monitoreo te hace sentir entusiasmo”); sin embargo, este promedio aún indica resultados positivos ya que alcanza un puntaje de 2.75 de 4. Por otro lado, la pregunta con mayor promedio de esta área es la pregunta Ps-E2 (“El monitoreo te hace sentir amargura”) con un promedio que alcanza un puntaje de 3.15³ de 4. Analizando todos los resultados obtenidos en esta área, se podría entender que una reducida cantidad de los trabajadores sienten un miedo por perder su trabajo debido al monitoreo de su ubicación en tiempo real, y gran parte de ellos piensa que el monitoreo les hace sentir satisfacción y otros estados de ánimos positivos más que estados de ánimos negativos. Además, realizando un análisis más específico, podemos encontrar que, en todas las partidas, la mayor parte de los trabajadores indicaron que el monitoreo no les generó depresión, lo cual es un aspecto importante debido a que permite entender que la aplicación del monitoreo en este caso de estudio no generó un efecto negativo en su bienestar psicológico. De las cinco partidas, dos partidas no presentaron trabajadores que sintieran depresión y las otras tres partidas presentan pocos trabajadores que experimentaron depresión durante el monitoreo. En la Figura 43 se encuentra una comparación entre partidas respecto a la cantidad de trabajadores que indicaron en la encuesta que experimentaron o no depresión debido al monitoreo realizado.

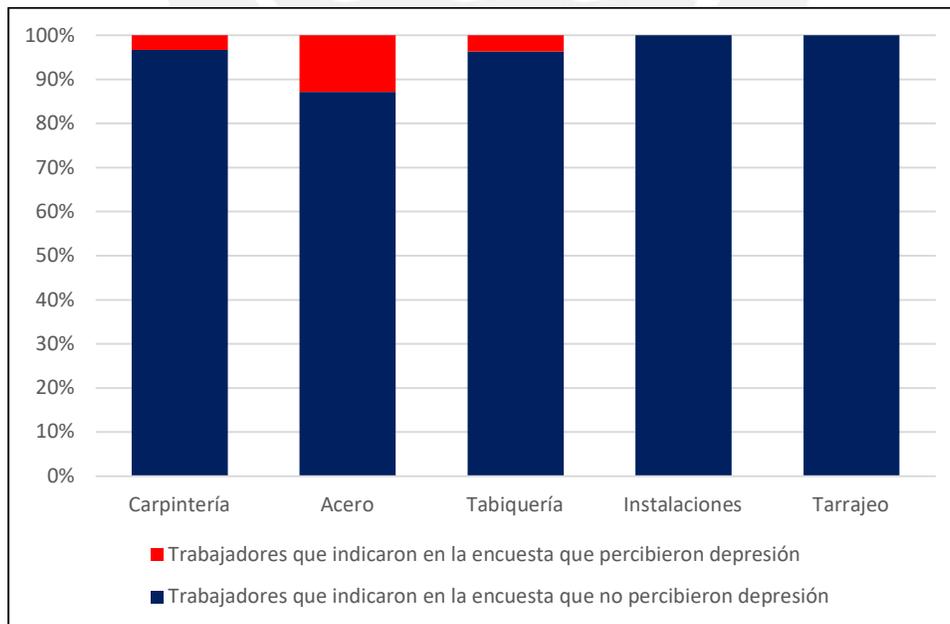


Figura 43. Percepción de los trabajadores frente a sentir depresión debido al monitoreo

Nota. Elaboración propia.

Respecto al bienestar físico, la pregunta con segundo mayor promedio es la pregunta Ph-E8 (“El monitoreo te hace sentir cansancio”); este promedio indica resultados favorables ya que alcanza un puntaje de 3.13³ de 4. Por otro lado, la pregunta con menor promedio de esta área es la pregunta Ph-E9 (“El monitoreo te hace sentir mayor concentración”) con un promedio que alcanza un puntaje de 2.61 de 4. Analizando todos los resultados obtenidos, se podría entender que la mayoría de los trabajadores sienten que el monitoreo no les hace sentir estrés ni cansancio, si no que les proporciona una mayor concentración durante su trabajo. Además, realizando un análisis más específico, podemos encontrar que, de las cinco partidas monitoreadas, dos partidas no presentaron trabajadores que sintieran estrés y las otras tres partidas presentan pocos trabajadores que experimentaron estrés durante el monitoreo. Estos resultados concuerdan con los esperados por los investigadores debido a que no se buscaba generar estrés en los trabajadores o un puesto de trabajo estresante a causa de la implementación del sistema de monitoreo mediante la tecnología ICONS. En la Figura 44 se encuentra una comparación entre partidas respecto a la cantidad de trabajadores que indicaron en la encuesta que experimentaron o no estrés debido al monitoreo realizado.

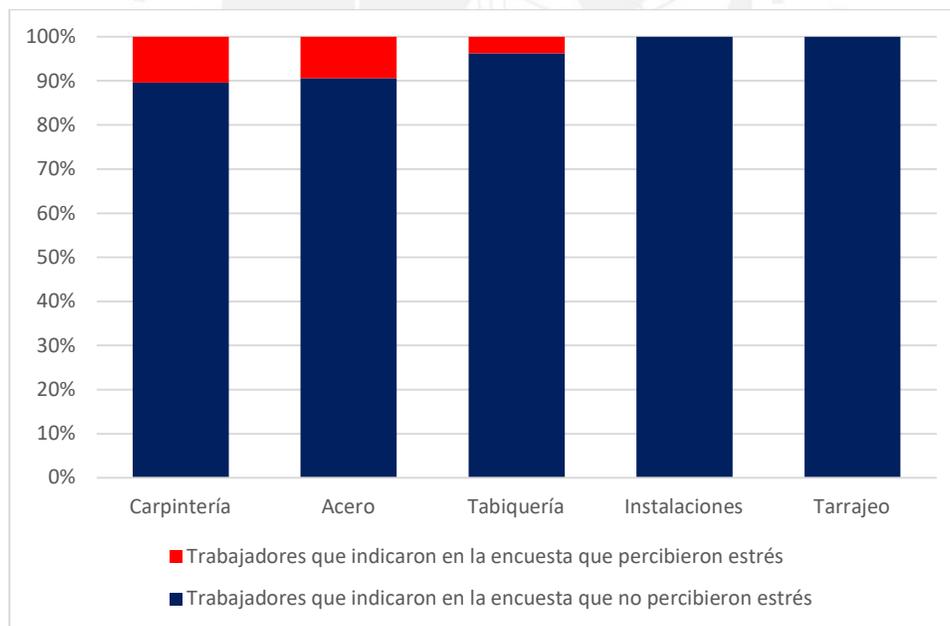


Figura 44. Percepción de los trabajadores frente a sentir estrés debido al monitoreo

Nota. Elaboración propia.

Por último, respecto al bienestar social, la pregunta con menor promedio es la pregunta S-E12 (“El monitoreo afecta tu movimiento libre dentro de la obra”) alcanzando un puntaje de 2.73³ de 4. Por otro lado, la pregunta con mayor promedio de esta área es la pregunta S-E10

(“El monitoreo afecta tu interacción con la supervisión”) con un promedio que alcanza un puntaje de 2.81³ de 4. Analizando los resultados obtenidos, se podría entender que una reducida parte de los trabajadores sienten que el monitoreo dificulta o restringe sus relaciones laborales y su movimiento dentro de la obra. Sin embargo, se observa una mejora en los resultados comparando la segunda encuesta con la primera, por lo que se asume que este pensamiento puede ir cambiando conforme el trabajador pase más tiempo siendo monitoreado. Además, realizando un análisis más específico, podemos encontrar que, de las cinco partidas monitoreadas, tres partidas presentaron una considerable cantidad de trabajadores que sintieron una limitación de su movilidad dentro de la obra y las otras dos partidas presentan pocos o no presentan trabajadores que experimentaron esta limitación generada por el monitoreo. Cabe resaltar que son las partidas de carpintería, acero e instalaciones las que presentan trabajadores con mayor movilidad. Esto debido a que las zonas de trabajo de estas partidas abarcan más de un piso y los trabajadores están en constante movimiento a través de estos pisos, y a que trabajan siempre en pisos superiores, pero tiene que movilizarse a los pisos inferiores para abastecerse de material. Por otro lado, las zonas de trabajo de las partidas de tabiquería y tarrajeo abarcan un piso o como máximo dos pisos a la vez, lo cual de por sí ya restringe su movilidad por la obra. Por ende, se entiende que el monitoreo genere la percepción de restricción a los trabajadores que se movilizan con mayor facilidad dentro de la obra. En la Figura 45 se encuentra una comparación entre partidas respecto a la cantidad de trabajadores que indicaron en la encuesta que experimentaron o no una limitación de su movimiento libre debido al monitoreo realizado.

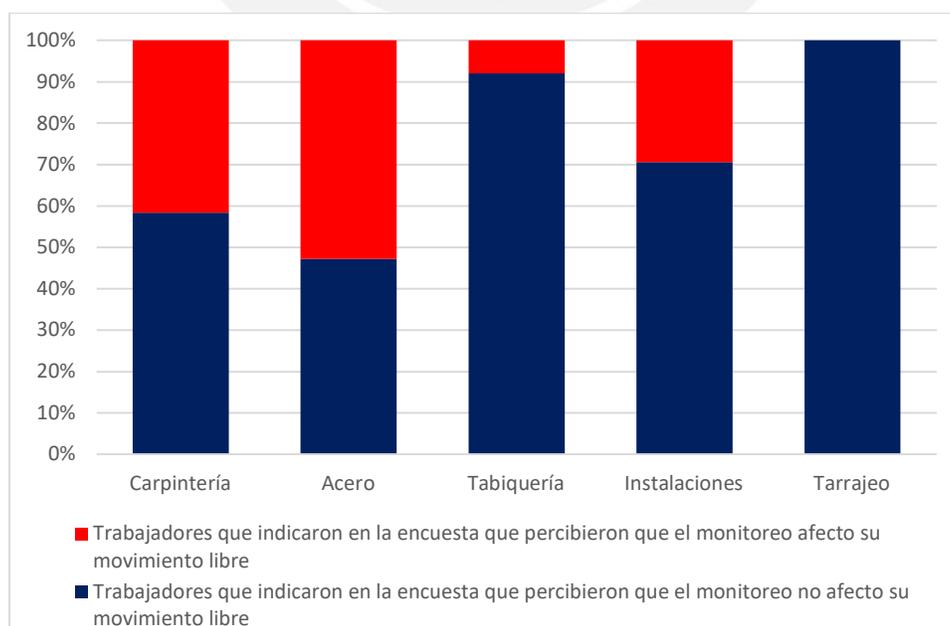


Figura 45. Percepción de los trabajadores frente a sentir una restricción de su movimiento dentro de la obra debido al monitoreo

Nota. Elaboración propia.

5.4. Fiabilidad de los resultados

Para conocer la fiabilidad de los resultados obtenidos a partir de la encuesta, se utilizó el coeficiente de Cronbach (α). Este coeficiente se obtuvo por medio de las varianzas de los resultados de un área de la encuesta y el número de preguntas (ítems) de dicha área. El valor que puede alcanzar este coeficiente oscila entre 0 y 1, y se puede interpretar de acuerdo con el rango al que pertenezca el valor obtenido (George & Mallery, 1995). En la Tabla 20 se observa los distintos rangos que puede alcanzar los valores del coeficiente de Cronbach.

Tabla 20

Interpretación de los valores del coeficiente alfa de Cronbach

Rangos del valor del coeficiente de Cronbach	Interpretación
0.90 a 1.00	Los ítems del área presentan una fiabilidad excelente
0.80 a 0.90	Los ítems del área presentan una fiabilidad buena
0.70 a 0.80	Los ítems del área presentan una fiabilidad aceptable
0.60 a 0.70	Los ítems del área presentan una fiabilidad débil
0.50 a 0.60	Los ítems del área presentan una fiabilidad pobre
0.00 a 0.50	Los ítems del área presentan una fiabilidad no aceptable

Nota. Extraído de “Evaluación de las percepciones individuales sobre la aceptación y uso de BIM de los profesionales de construcción”. Balboa, M. (2021).

En la Tabla 21 se presentan los valores de los coeficientes alfa de Cronbach obtenidos para cada área evaluada en la encuesta, así como el total de preguntas (ítems) que poseía cada área. A partir de los resultados, se pudo conocer que el área de bienestar fue el que obtuvo un menor valor de alfa de Cronbach igual a 0.67, mientras que las áreas de privacidad y seguridad obtuvieron los mayores valores de alfa de Cronbach iguales a 0.90. Cabe resaltar que la mayoría de las áreas obtuvieron un valor de coeficiente mayor a 0.80, por lo que los resultados son de una fiabilidad buena a excelente, a excepción del área de bienestar que a pesar de ser débil sigue teniendo fiabilidad entre sus ítems. Debido a esto, se pudo sumar los resultados de cada área de las encuestas, con la finalidad de obtener una correlación entre estas y poder analizar dichas correlaciones.

Tabla 21

Valores del coeficiente alfa de Cronbach obtenidos por áreas de la encuesta

Área de la encuesta	Preguntas (Ítems)	Alfa de Cronbach
Privacidad	4	0.90
Seguridad	4	0.90
Utilidad	4	0.89
Bienestar	12	0.67
Aceptación	6	0.89

Nota. Elaboración propia.

5.5. Análisis de correlación de los factores evaluados en la encuesta

Se realizó un análisis cuantitativo para poder obtener la correlación entre las áreas evaluadas en la encuesta. Para ello, previamente, se realizó una prueba de normalidad a los resultados generales para comprobar que estos sigan una distribución normal. Los cálculos de esta prueba fueron realizados en el programa Excel, debido a temas de practicidad y velocidad durante el procesamiento de la información. Una vez comprobada la normalidad de los datos, se realizó un análisis de correlaciones por medio de una matriz de correlación producto-momento, donde el coeficiente de correlación utilizado fue el de Pearson. El valor que puede alcanzar este coeficiente oscila entre -1.00 a 1.00, y se puede interpretar de acuerdo con el rango al que pertenezca el valor obtenido. En la Tabla 22 se puede observar los rangos en los que puede encontrarse este coeficiente y la interpretación del valor del coeficiente dependiente del rango.

Tabla 22

Interpretación de los valores del coeficiente de correlación de Pearson

Rangos del valor del coeficiente de correlación de Pearson	Interpretación
0.00 a 0.10 (0.00 a -0.10)	Correlación nula
0.10 a 0.30 (-0.10 a -0.30)	Correlación débil
0.30 a 0.50 (-0.30 a -0.50)	Correlación moderada
0.50 a 1.00 (-0.50 a -1.00)	Correlación fuerte

Nota. Extraído de “Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones”. Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., Rodríguez, J. E., Rangel, J. G. C., Sierra, C. A. T., Torrado, M. K. A., ... & Pirela, V. J. B. (2018).

Este análisis se realizó, primero, entre las áreas de la encuesta, y, luego, entre las preguntas de las áreas analizadas. Primero, se obtuvo la matriz de correlación comparando todas las áreas evaluadas en la encuesta. Luego, de las áreas que presentan una mayor correlación, se hallaron las preguntas de cada área analizada que presentaron también una

mayor correlación. Tras realizar dichos cálculos, se obtiene que entre las áreas de la encuesta existe una correlación de moderada a fuerte. En la Tabla 23 se indican la correlación entre todas las áreas evaluadas.

Tabla 23

Matriz de correlación con el coeficiente de correlación de Pearson

	<i>Privacidad (B)</i>	<i>Seguridad (C)</i>	<i>Utilidad (D)</i>	<i>Bienestar (E)</i>	<i>Aceptación (F)</i>
<i>Privacidad (B)</i>	1.00				
<i>Seguridad (C)</i>	0.58	1.00			
<i>Utilidad (D)</i>	0.51	0.65	1.00		
<i>Bienestar (E)</i>	0.44	0.26	0.39	1.00	
<i>Aceptación (F)</i>	0.63	0.45	0.56	0.49	1.00

Nota. Elaboración propia.

Las áreas de utilidad y seguridad fueron el par de áreas que presentaron una mayor correlación de todas las evaluadas, alcanzando una correlación de 0.65 (correlación fuerte). Analizando la correlación entre las preguntas de esta área, se obtuvo que la pregunta D3 del área de utilidad tuvo la mayor correlación con la pregunta C3 del área de seguridad, como se puede observar en la Tabla 24. Estas preguntas alcanzaron un coeficiente de correlación de Pearson de 0.71, lo cual indica una correlación fuerte, como se puede observar en la Figura 46.

Tabla 24

Matriz de correlación de las preguntas D3 y C3

	<i>D3</i>	<i>C3</i>
<i>D3 (“El monitoreo permite mejorar la calidad de mi área de trabajo”</i>	1.00	
<i>C3 (“El monitoreo me protege de maquinarias y equipos”)</i>	0.71	1.00

Nota. Elaboración propia.

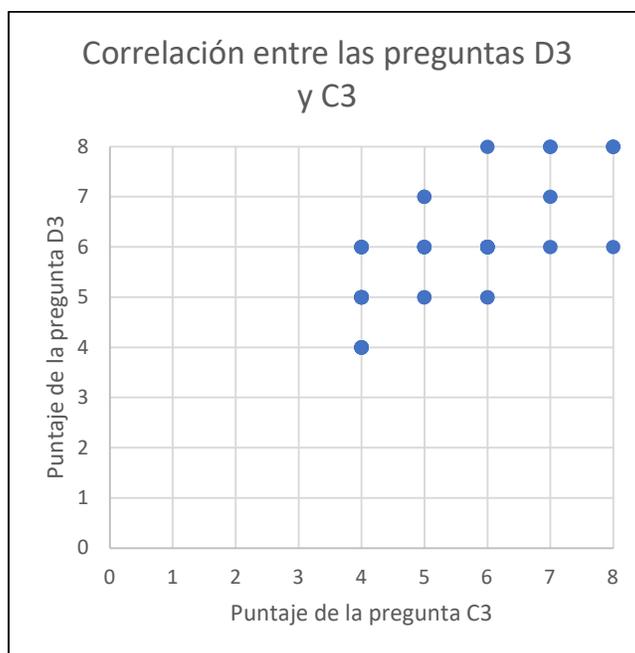


Figura 46. Correlación gráfica entre las preguntas D3 y C3

Nota. Elaboración propia.

Las áreas de aceptación y privacidad fueron el segundo par de áreas que presentaron una mayor correlación de todas las evaluadas, alcanzando una correlación de 0.63 (correlación fuerte). Analizando la correlación entre las preguntas de esta área, se obtuvo que la pregunta B2 del área de privacidad tuvo la mayor correlación con la pregunta F2 del área de aceptación, como se puede observar en la Tabla 25. Estas preguntas alcanzaron un coeficiente de correlación de Pearson de 0.66, lo cual indica una correlación fuerte, como se puede observar en la Figura 47.

Tabla 25

Matriz de correlación de las preguntas B2 y F2

	B2	F2
B2 (“Estoy cómodo en permitirle a la empresa saber el tiempo que pase con mis compañeros”)	1.00	
F2 (“Me gusta ser monitoreado”)	0.66	1.00

Nota. Elaboración propia.

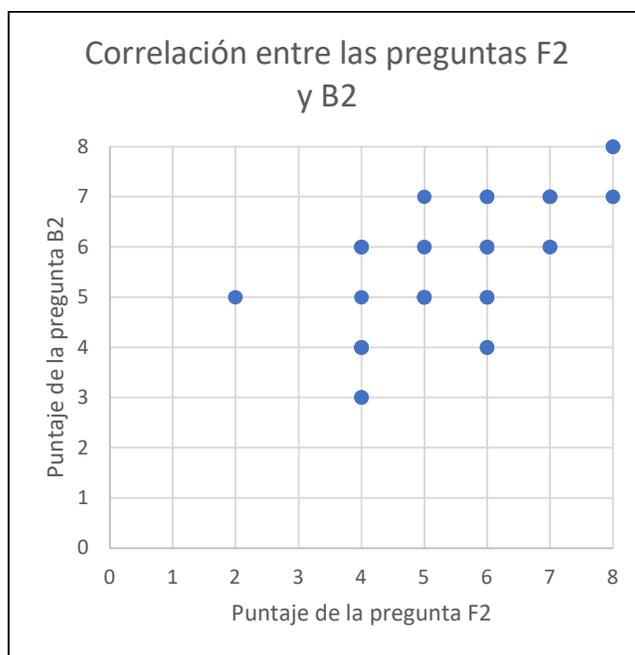


Figura 47. Correlación gráfica entre las preguntas B2 y F2

Nota. Elaboración propia.

Las áreas de privacidad y seguridad fueron el tercer par de áreas que presentaron una mayor correlación de todas las evaluadas, alcanzando una correlación de 0.58 (correlación fuerte). Analizando la correlación entre las preguntas de esta área, se obtuvo que la pregunta B2 del área de privacidad tuvo la mayor correlación con la pregunta C1 del área de seguridad, como se puede observar en la Tabla 26. Estas preguntas alcanzaron un coeficiente de correlación de Pearson de 0.61, lo cual indica una correlación fuerte, como se puede observar en la Figura 48.

Tabla 26

Matriz de correlación de las preguntas B3 y C1

	B2	C1
B2 (“Estoy cómodo en permitirle a la empresa saber el tiempo que pasé fuera de zona de trabajo”)	1.00	
C1 (“El monitoreo me protege de riesgos de caída”)	0.61	1.00

Nota. Elaboración propia.

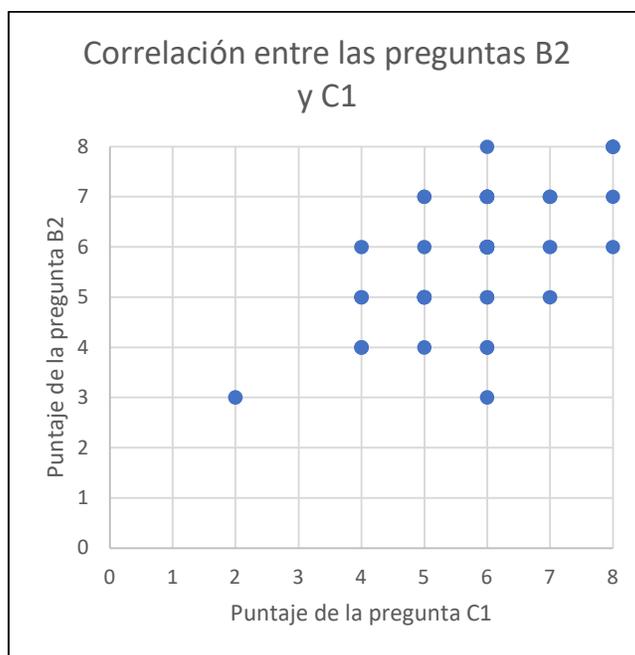


Figura 48. Correlación gráfica entre las preguntas B2 y C1

Nota. Elaboración propia.

Las áreas de utilidad y aceptación fueron el cuarto par de áreas que presentaron una mayor correlación de todas las evaluadas, alcanzando una correlación de 0.56 (correlación fuerte). Analizando la correlación entre las preguntas de esta área, se obtuvo que la pregunta D1 del área de utilidad tuvo la mayor correlación con la pregunta F3 del área de aceptación, como se puede observar en la Tabla 27. Estas preguntas alcanzaron un coeficiente de correlación de Pearson de 0.71, lo cual indica una correlación fuerte, como se puede observar en la Figura 49.

Tabla 27

Matriz de correlación de las preguntas D1 y F3

	D1	F3
D1 (“El monitoreo permite mejorar mi productividad”)	1.00	
F3 (“Considero que el monitoreo hace el trabajo más interesante”)	0.70	1.00

Nota. Elaboración propia.

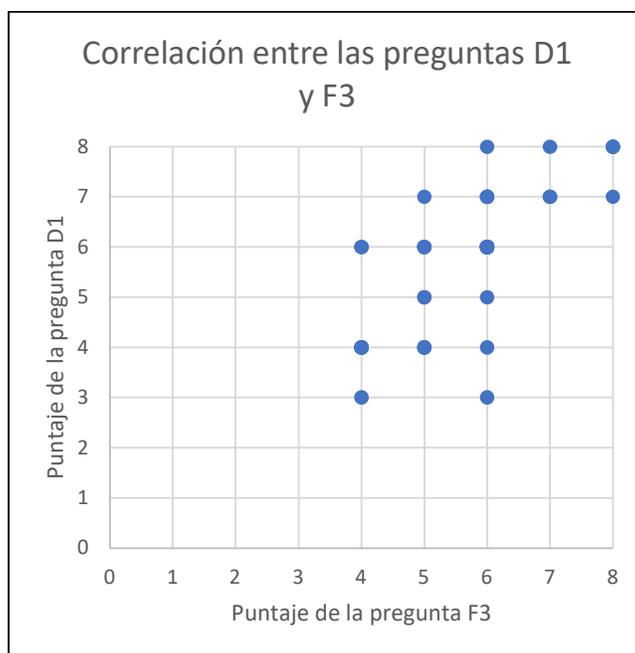


Figura 49. Correlación gráfica entre las preguntas D1 y F3

Nota. Elaboración propia.

Las áreas de bienestar y aceptación también fueron uno de los pares de áreas que presentaron una mayor correlación de todas las evaluadas, alcanzando una correlación de 0.49 (correlación moderada). Analizando la correlación entre las preguntas de esta área, se obtuvo que la pregunta E1 del área de bienestar tuvo la mayor correlación con la pregunta G2 del área de aceptación, como se puede observar en la Tabla 28. Estas preguntas alcanzaron un coeficiente de correlación de Pearson de 0.63, lo cual indica una correlación fuerte, como se puede observar en la Figura 50.

Tabla 28

Matriz de correlación de las preguntas E1 y G2

	E1	G2
E1 (“El monitoreo me hace sentir satisfacción”)	1.00	
G2 (“Considero que me gustaría que la empresa implemente el monitoreo lo más pronto posible”)	0.63	1.00

Nota. Elaboración propia.

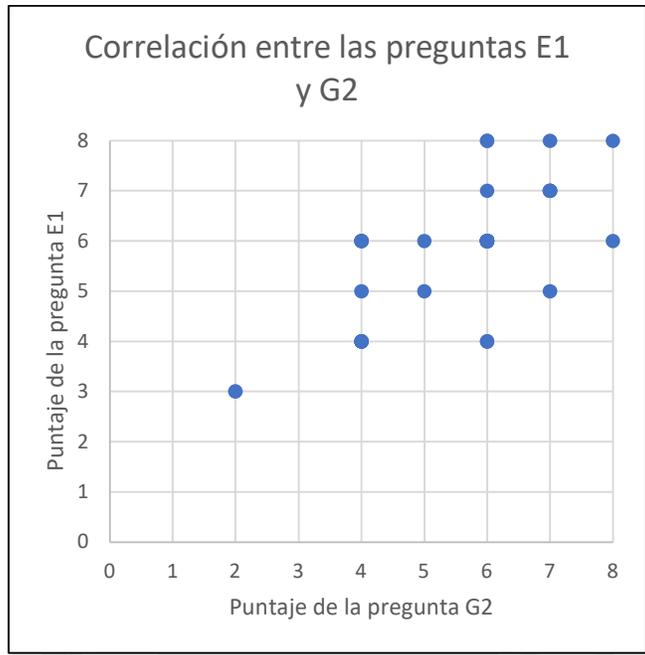
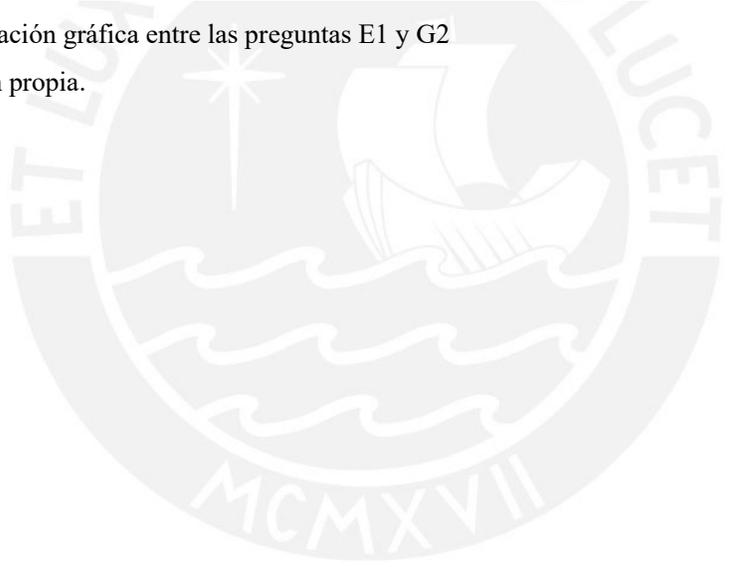


Figura 50. Correlación gráfica entre las preguntas E1 y G2

Nota. Elaboración propia.



6. ANÁLISIS CUALITATIVO

Como se planificó desde un comienzo, para el análisis de las respuestas, las entrevistas se transcribieron de un formato de audio a un formato de texto en digital manteniendo el anonimato en cada una de estas. Las respuestas obtenidas permitieron conocer de manera personal acerca de la opinión de cada uno de los trabajadores que participaron en esta actividad. En primer lugar, se analizó cada respuesta respecto al área de la entrevista correspondiente logrando conocer si es que el monitoreo en tiempo real tuvo un impacto positivo en los diferentes factores evaluados, o si los trabajadores percibieron que la herramienta no afectó en su desarrollo diario de actividades, o si, por otra parte, percibieron el seguimiento como una amenaza en su jornada laboral.

A continuación, se señalarán algunos ejemplos de respuestas obtenidas señalando si se consideró como una opinión positiva, negativa o neutral hacia el seguimiento. En primer lugar, se clasificó como una opinión positiva, por ejemplo, a comentarios como la respuesta brindada a la pregunta 3.3.1 (Anexo D) realizada en la entrevista número cuatro: “En el trabajo, no puedo estar siempre pendiente de mi compañero, por lo que, si pasase algo, se le podría encontrar y verificar su estado”. Esta respuesta se puede interpretar como una respuesta positiva del trabajador hacia el monitoreo debido a que percibió que esta herramienta ayudaba al mejoramiento de la seguridad en obra. En segundo lugar, se clasificó como una opinión neutral a aquella respuesta en la cual el entrevistado manifestó que no sintió que el monitoreo pudo haber afectado su situación en alguno de los factores evaluados, por ejemplo, la respuesta obtenida para la pregunta 3.1.1 (Anexo D), identificada en la entrevista número dos: “No, para mí ha sido normal”. Esta respuesta da por entender que el trabajador percibe que la herramienta de seguimiento no generó ningún impacto positivo o negativo en su privacidad. Finalmente, una opinión será considerada como negativa cuando se pueda identificar un rechazo o incertidumbre hacia la implementación y uso de la herramienta en obra, o, por otra parte, que refleje una incomodidad respecto a una de las áreas evaluadas. En este caso, el ejemplo sería el registrado en la entrevista número siete hacia la pregunta número 3.4.1 (Anexo D): “Me era incomodo el portar el brazalete”. Esta respuesta da a conocer que el entrevistado presenta una inquietud física, ya que el brazalete fue adherido al personal por medio de un brazalete colocado en su brazo y este podría estar generando un cierto tipo de molestia al trabajador durante la realización de sus actividades diarias. A partir de los diálogos transcritos y almacenados, se pudo obtener la Tabla 29 conociéndose así la perspectiva individual de cada trabajador entrevistado hacia el monitoreo y el impacto de este en las diferentes áreas evaluadas.

Tabla 29

Resultados generales sobre las entrevistas realizadas

Número de Entrevista	Privacidad	Utilidad	Seguridad	Bienestar	Aceptación
1	Normal	Positiva	Positiva	Normal	Positiva
2	Positiva	Positiva	Positiva	Normal	Positiva
3	Normal	Positiva	Positiva	Normal	Positiva
4	Normal	Positiva	Positiva	Normal	Negativa
5	Normal	Positiva	Positiva	Normal	Positiva
6	Normal	Positiva	Positiva	Normal	Positiva
7	Normal	Normal	Positiva	Negativa	Positiva
8	Normal	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
9	Normal	Normal	Positiva	Negativa	Positiva
10	Normal	Negativa	Positiva	Negativa	Negativa
11	Normal	Positiva	Positiva	Normal	Positiva

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla 29, los comentarios obtenidos de los obreros entrevistados fueron clasificados por áreas. Analizando los resultados de cada entrevista, se puede observar que no existe un único patrón de respuesta debido a que esta herramienta de monitoreo impacta de diferente manera a cada individuo, por lo que una percepción negativa en algún área de la encuesta no necesariamente implicaría que el trabajador no estaría interesado en seguir participando en futuros monitoreos, ya que podría mostrar una actitud positiva en las demás áreas. Tal es el caso de la entrevista N°7, donde a pesar de poseer una respuesta negativa en el área de bienestar, esta no conllevó al trabajador a negar una próxima participación en una futura implementación de herramientas de seguimiento en obra. Al ser un análisis cualitativo, no se puede afirmar una correlación entre dos factores; sin embargo, si es viable poder relacionar las diferentes percepciones obtenidas en las áreas evaluadas para analizar en qué casos el obrero se sentiría cómodo en seguir participando del monitoreo o ante qué circunstancias se percibiría a la herramienta ICONS como un factor de riesgo psicosocial en el trabajo. De esta manera, se analiza cualitativamente que los factores de privacidad, utilidad y seguridad poseen un impacto en el bienestar del usuario y la aceptación del dispositivo.

Por un lado, en cuanto al bienestar, se encontró que ocho personas no manifestaron un impacto negativo en cuanto a su bienestar físico o psicológico, ya que percibieron que la herramienta no vulneraba su privacidad, mejoraba la calidad de seguridad en campo y opinaban que esta tecnología permitiría aumentar la productividad notándose la utilidad del sistema.

Relacionando los factores, se encontró que el impacto fue positivo para los usuarios y no generó estrés durante el tiempo de monitoreo; por ejemplo, el entrevistado número ocho mencionó lo siguiente: “Me siento bien porque sentía que se cuidaba de mí y de mis compañeros”. Como se puede observar, la sensación de mejora del nivel de seguridad en obra conlleva a que el trabajador sienta una mayor comodidad y no perciba al sistema como un factor de riesgo psicosocial. Sin embargo, tres trabajadores manifestaron haber experimentado un malestar durante el seguimiento. Dos de ellos manifestaron que el brazalete les era incomodo al momento de realizar sus actividades laborales o que se sentían que el brazalete se les podía desprender del brazo; el entrevistado número siete menciona lo siguiente: “Me era incomodo el portar el brazalete”. A pesar de que los dos trabajadores no presentaron un impacto en su bienestar psicológico por el monitoreo, si evidenciaron que el portar los sensores les dificultaba en el cumplimiento de sus actividades laborales. Respecto al tercer obrero, este manifestó tener miedo a que el sensor pueda afectar su puesto de trabajo; en la entrevista número diez se comentó lo siguiente: “Pensé que se me podría despedir por baja productividad”. No obstante, el impacto en el bienestar de los entrevistados a causa del monitoreo en general muestra buenos resultados, dado que aproximadamente el 70% de los encuestados se desempeñaron sin inconvenientes.

Por otro lado, respecto a la aceptación, se encontró que nueve personas volverían a participar en un monitoreo en tiempo real. Existen comentarios de los trabajadores que indican que experimentaron un respeto a su privacidad, un mejoramiento en la seguridad, un reconocimiento de la utilidad del sistema y ninguna alteración de su bienestar; esto explica los motivos por los cuales consideraron participar en futuros monitoreos. Asimismo, también parte de los entrevistados encontraron al sistema novedoso e interesante. Es importante destacar que los trabajadores que manifestaron la incomodidad física con los brazaletes también comentaron que están de acuerdo en participar en futuros monitoreos y que el monitoreo se vuelva una práctica común, por lo que se puede inferir que pese a los inconvenientes que presentaron al portar un brazalete durante las actividades laborales, las perspectivas positivas en otras áreas permiten que mantengan una postura de aceptación a la herramienta. Por otro lado, los dos entrevistados faltantes no expresaron explícitamente estar en desacuerdo con la herramienta. Por el contrario, ellos indicaron que no estarían seguros en continuar con la herramienta por el temor a que dicha herramienta pueda afectar a su puesto laboral. En el caso de la entrevista N°10, el trabajador indicó que el sistema no le termino de convencer. Y en el caso de la entrevista N°4, el trabajador indicó que no presentó inconvenientes con el monitoreo, pero no

estaría seguro en continuar con la herramienta. En base a la información obtenida de forma cualitativa, se puede afirmar que la plataforma ICONS presenta una prometedora aceptación; la herramienta no se mostró como una amenaza para la mayoría de los trabajadores entrevistados.

Adicionalmente al análisis de aceptación y bienestar, se logró comparar las proporciones existentes en las diferentes áreas mediante la Figura 51, la cual fue elaborada en base a la información de la Tabla 28. Se puede observar que, en las cinco diferentes áreas evaluadas, el monitoreo ICONS presenta una proporción considerable en cuanto a percepciones neutrales o positivas, ya que es una herramienta que no genera que los trabajadores se sientan invadidos o incómodos, disminuyendo las posibilidades de que lo consideren una amenaza en el trabajo. Es por ello por lo que, en base al análisis cualitativo de once trabajadores, se puede inferir que la herramienta dispone de una buena aceptación y adecuado nivel de bienestar laboral.

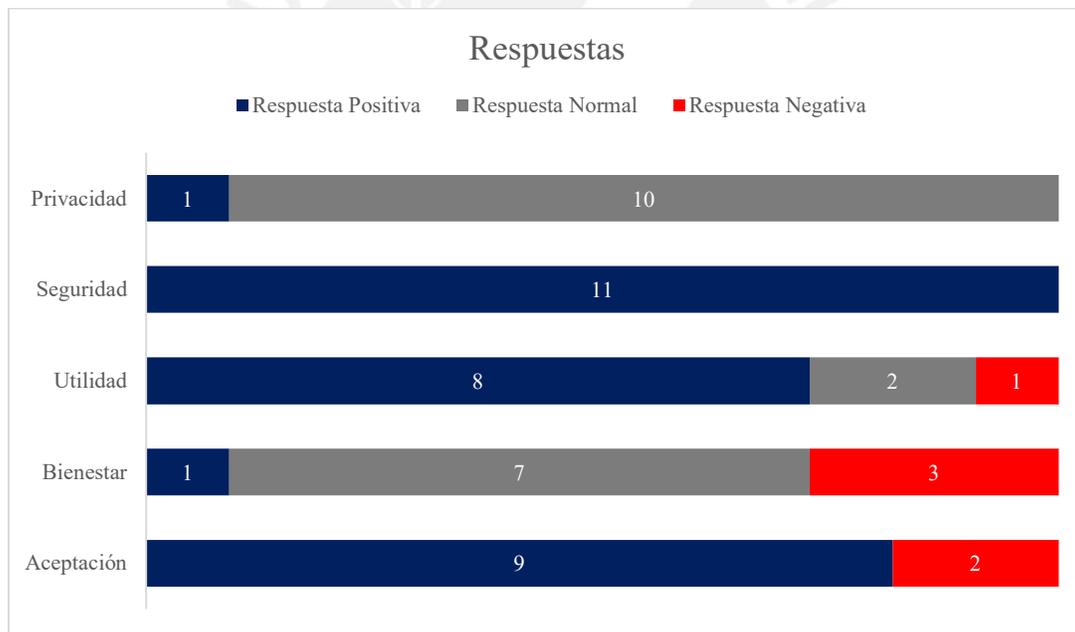


Figura 51. Respuestas de los trabajadores a la entrevista realizada

Nota. Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La encuesta y la entrevista fueron técnicas de recolección de datos que facilitaron la obtención de las percepciones de los trabajadores frente a diversos aspectos. A partir, de las respuestas de los trabajadores se obtuvieron las conclusiones del presente trabajo de investigación, las cuales responden a los objetivos planteados en esta investigación y serán presentadas a continuación.

7.1.1. Conclusiones sobre el bienestar de los trabajadores

Los resultados del bienestar del trabajador frente al monitoreo con la tecnología ICONS indican de manera global una respuesta positiva. Esto se alinea con lo que se buscaba alcanzar inicialmente logrando evidenciar una tendencia positiva en el bienestar tanto en las encuestas como en las entrevistas. Los sensores ayudaron, en parte, a obtener estos resultados, debido a que poseían un excelente tamaño y peso. Estos pasaron desapercibidos por la mayoría de los trabajadores y permitieron al trabajador sentirse cómodo durante todo el tiempo de monitoreo, a comparación de otros equipos de monitoreo del personal existentes que son más invasivos o perceptibles.

Respecto al bienestar psicológico, se evidenció que el monitoreo si generó sentimientos positivos en la mayoría de los trabajadores, tales como satisfacción, entusiasmo y motivación. De estos tres sentimientos, el que se percibió en mayor cantidad de trabajadores fue la motivación, alcanzado al 76% de los trabajadores, como se puede observar en la Figura 52. Además, se pudo evidenciar que, en todas las partidas monitoreadas, la mayoría de los trabajadores percibieron estos sentimientos, siendo la partida de acero la que presentó mejores resultados. Estos resultados de motivación provienen de una buena aceptación al sistema por parte de los trabajadores, lo cual se pudo evidenciar durante el monitoreo en campo. Debido a que la entrega del brazalete con el sensor se realizaba terminando la charla de seguridad diaria, esta entrega del brazalete marcaba el inicio de la jornada laboral. Y, en lugar de considerar al monitoreo de manera negativa, se pudo evidenciar en obra que este generaba una motivación al inicio de su jornada. Sin embargo, pese a indicarles a los trabajadores durante la exposición inicial del sistema y a que se hizo explícito en los documentos de ética que el registro de los datos de su ubicación poseía única y exclusivamente un fin académico, una parte de ellos indicaron sentir preocupación por perder su trabajo debido al monitoreo (10.9%). Esto hecho sería una de las causas de que algunos de los trabajadores hayan podido percibir sentimientos

negativos hacia el monitoreo. No obstante, no se apreció en las encuestas que más de un 7% de los trabajadores hayan percibido amargura o depresión. Asimismo, analizando los comentarios de las entrevistas realizadas, se pudo detectar que la mayoría del personal monitoreado no manifestó un malestar en su salud psicológica; gran parte de los entrevistados manifestaron el no haberse sentido perturbados de manera psicológica a partir de la aplicación del monitoreo en tiempo real. Entonces, se puede afirmar que el sistema no fue percibido como un factor de riesgo psicosocial en el trabajo, lo cual indica que este presenta muy bajas probabilidades de generar algún problema psicológico en los obreros.

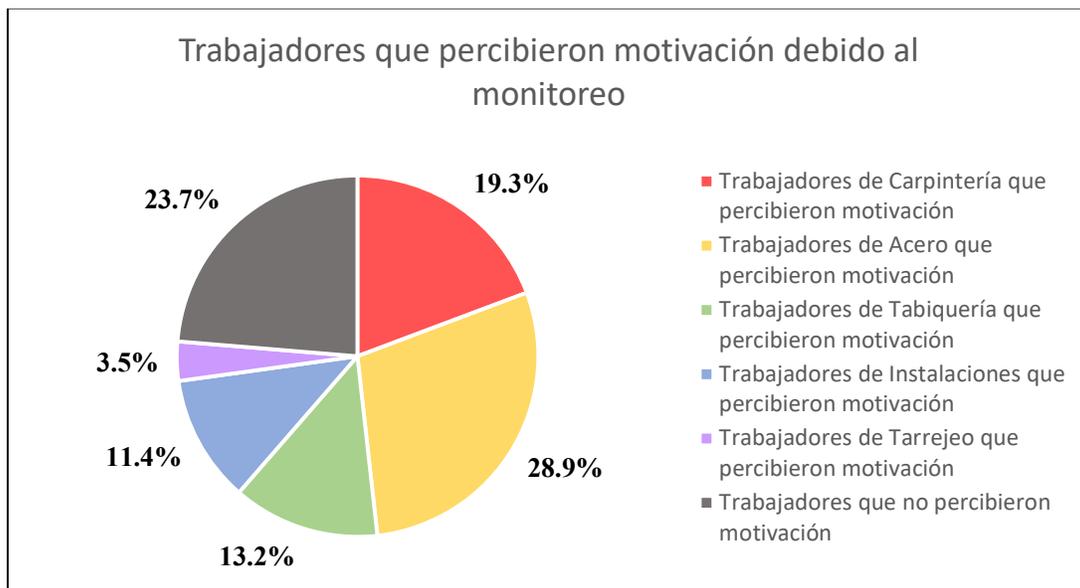


Figura 52. Cantidad de trabajadores que percibieron motivación

Nota. Elaboración propia.

Con respecto al bienestar físico, se obtuvieron resultados alentadores y prometedores para la aplicación de la tecnología de monitoreo en obras de construcción. Se buscaba conocer, por medio de este trabajo, si el sistema de monitoreo con tecnología ICONS era un factor de riesgo psicosocial en el trabajo debido a que existía la posibilidad de que el sistema de seguimiento pueda ser considerado como una amenaza para el obrero, afectando así su estado físico y volviéndose una herramienta contraproducente que reduce la productividad del personal. Sin embargo, las encuestas arrojaron resultados que indican que no se evidenció efectos negativos en el bienestar físico de la mayoría de los trabajadores. Este sistema no generó estrés en casi la totalidad de trabajadores monitoreados, ya que únicamente un 6.4% percibieron estrés. Y, por ende, tampoco se evidenció el cansancio debido al estrés, ya que solo el 9.0% de los trabajadores indicaron en las encuestas que percibieron cansancio. Este hecho indica que

esta herramienta tecnológica puede ser implementada sin el riesgo de generar estrés ni puestos de trabajos estresantes que puedan provocar agotamiento o cansancio en los trabajadores, por lo que su implementación tiene poca posibilidad de generar una disminución de su productividad debido a consecuencias del estrés. Por el contrario, se apreció que ayudó a mejorar la concentración, ya que el 63.4% de trabajadores indicaron percibir mayor concentración debido al monitoreo. En la Figura 53, se puede apreciar los resultados generales obtenidos al evaluar estos tres aspectos en la encuesta. Adicionalmente, mediante el análisis cualitativo, se analizó que el único malestar físico que podría provocar el monitoreo en los trabajadores se debería a la incomodidad que implica el llevar puestos los brazaletes a la hora de realizar sus actividades; sin embargo, la gran mayoría de entrevistados no percibió que este hecho haya generado un gran impacto en el bienestar físico de la mayoría de los trabajadores entrevistados.

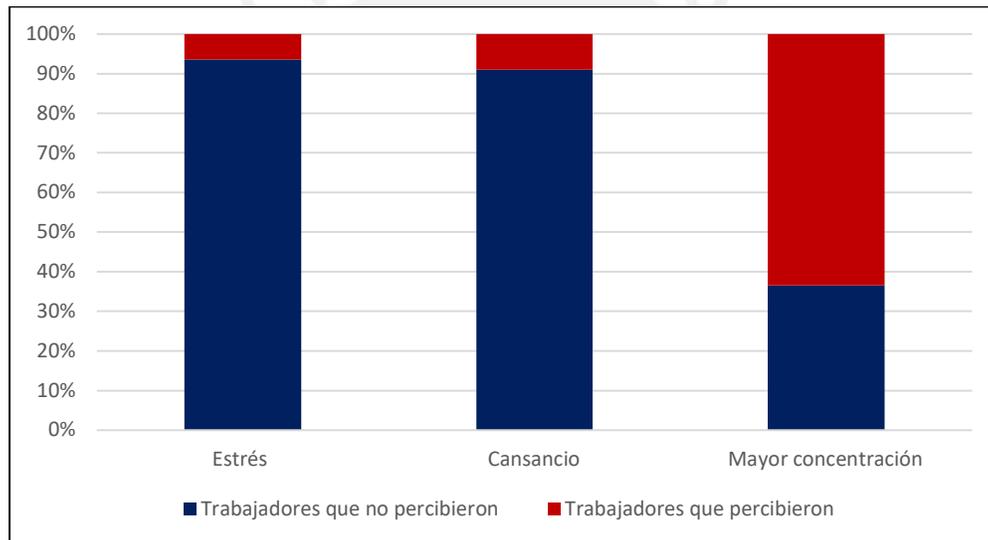


Figura 53. Resultados del bienestar físico

Nota. Elaboración propia.

Con respecto al último de los aspectos correspondiente al bienestar social, se obtuvieron resultados que reflejan cuales son las incomodidades de los trabajadores. Este aspecto es al que se le debe prestar mayor atención, si es que se busca implementar en obras civiles este sistema de monitoreo o sistemas similares, debido a que los trabajadores pueden expresar un rechazo absoluto si ven que los aspectos evaluados en esta área son afectados. En este caso, se evidenció que el monitoreo no afectó, de manera general, la generación de relaciones laborales; sin embargo, si se evidenció que una parte de los trabajadores percibieron que el sistema afectaba las interacciones que se generaban dentro de la obra. Por un lado, se encontró que el 29.1% de

los trabajadores percibió afectada su interacción con la supervisión, mientras que un 30.9% percibió que se afectó su interacción con sus compañeros. Estos resultados son mayores a los esperados, y se evidencia que son las partidas encargadas de la elaboración del casco estructural (carpintería y acero) las que presentaron mayor cantidad de trabajadores que percibieron problemas en su interacción. En obra, se pudo evidenciar que estas partidas son las que poseen un mayor número de personal, y las que poseen un mayor control de la productividad y del avance diario, por lo que siempre están en constante supervisión. Por ende, es necesario aclarar a los trabajadores a monitorear que este tipo de herramienta tecnológica no busca limitar su comunicación dentro la obra ni inhabilitar su capacidad comunicativa. Por otro lado, respecto a la percepción de que el monitoreo afecta el movimiento libre dentro la obra, son gran parte de los trabajadores (66.0%) los que indicaron no percibir cambio alguno. Sin embargo, son las partidas que trabajan en varios pisos a la vez y cuyos trabajadores presentan una mayor movilidad dentro de la obra las que poseen un mayor número de trabajadores que percibieron una limitación en su movimiento, mientras que las partidas que presentan trabajadores con menor movilidad dentro de la obra son las que presentan una reducida cantidad de trabajadores que percibieron este tipo de limitación. Por ende, se puede entender que la percepción de la limitación en el movimiento debido al monitoreo guarda relación con el grado de libertad de desplazamiento del trabajador. En la Figura 54, se puede apreciar los resultados generales obtenidos al evaluar estos tres aspectos en la encuesta. Asimismo, en las entrevistas, la mayoría de los trabajadores comentaron que no percibieron algún impacto en su bienestar social. No obstante, un trabajador mencionó que sintió temor de generar problemas con su superior en caso de que no se encuentre en su zona de trabajo.

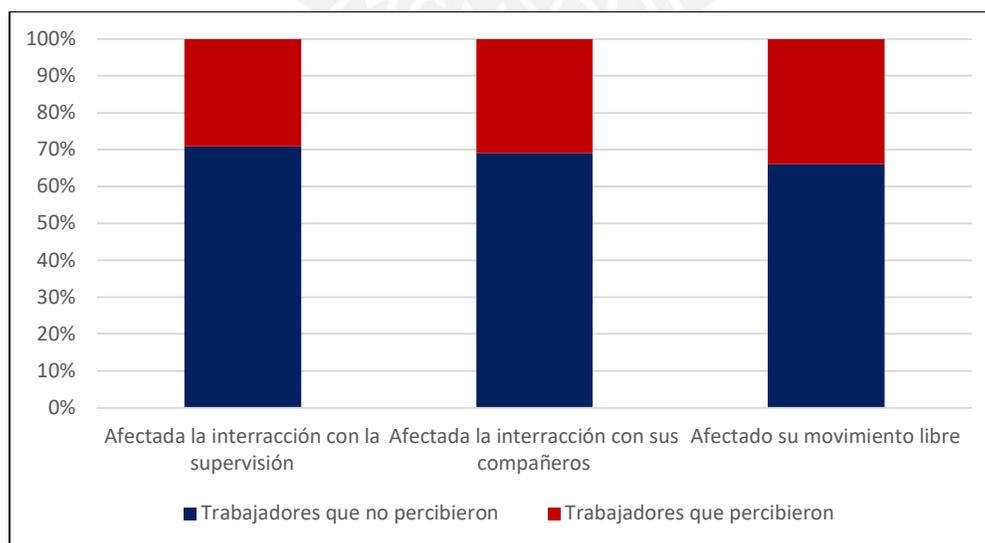


Figura 54. Resultados del bienestar social

Nota. Elaboración propia.

7.1.2. Conclusiones sobre la aceptación de los trabajadores

Respecto a la aceptación de los trabajadores frente al monitoreo con la tecnología ICONS, los resultados indican un futuro prometedor para la implementación de este tipo de tecnología en las obras de construcción. Las primeras tres preguntas de la encuesta de esta área resumen las ideas y las percepciones que tienen los trabajadores sobre el sistema, mientras que las tres últimas preguntas brindan las respuestas a una ventana de futuras posibilidades. La aceptación es el reflejo de las otras áreas evaluadas, por lo que puntajes altos en esta área indican buenos resultados a nivel general. A pesar de no poseer los puntajes esperados en todas las otras áreas de la encuesta, se obtuvo que la mayoría de los trabajadores encuestados (91.2%) indican que el monitoreo es una buena idea. En el caso de la utilidad y la aceptación, se pudo evidenciar en obra una relación a partir del recojo de los brazaletes. En algunas partidas, los trabajadores estaban distribuidos en varios pisos; estos evidenciaron la utilidad del sistema al encontrarlos mediante los sensores para solicitarles la devolución de los brazaletes debido al fin de la jornada de monitoreo, sin importar el piso donde se encontrarán. Este hecho generó mejores percepciones de su utilidad, lo cual causó que preguntarán a detalle sobre el funcionamiento del sistema y participarán con mayor interés del monitoreo. Por otro lado, según los resultados, existe una considerable cantidad de trabajadores que no les gustó ser monitoreados (33.3%). Durante el monitoreo en obra, varios trabajadores alegaron que sentían incomodidad al ser monitoreados, pero que decidieron participar debido a que el monitoreo era algo novedoso o a que querían ayudar a la investigación que se estaba realizando. No obstante, una gran cantidad de trabajadores (79,1%) indicaron que el monitoreo hizo su trabajo más interesante. En la Figura 55, se puede apreciar los resultados generales obtenidos al evaluar las tres preguntas iniciales de esta área de la encuesta. Adicionalmente, respecto al análisis cualitativo, se pudo evidenciar, por medio de las entrevistas, que para el personal el monitoreo es una herramienta de obra novedosa. Además, los trabajadores también expresaron que les gustaría participar en proyectos que cuenten con una herramienta como la sería ICONS, debido a que la perciben como una tecnología que no vulnera su privacidad, aumenta la calidad de la seguridad y que incrementa el control de trabajo de obra.

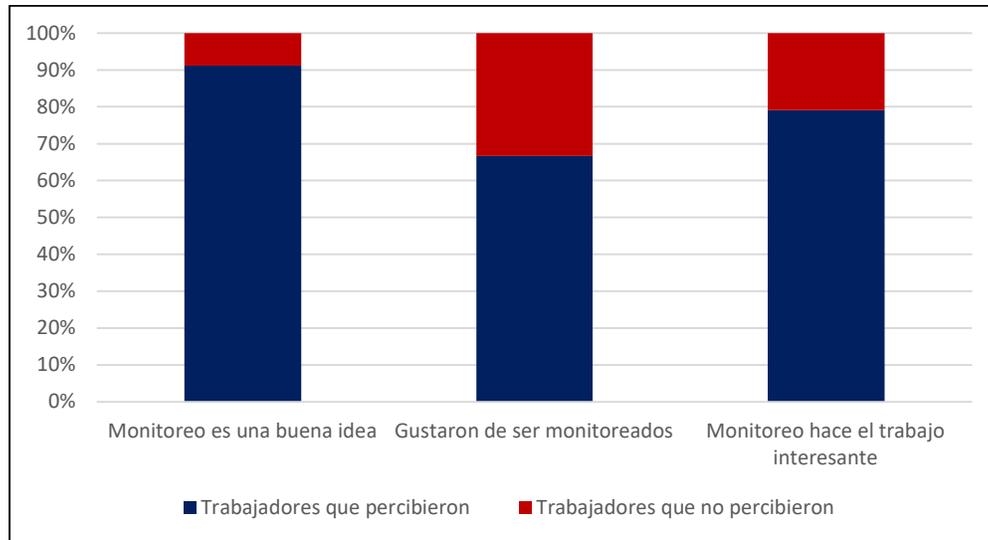


Figura 55. Resultados de las preguntas iniciales de aceptación

Nota. Elaboración propia.

Con respecto a las tres últimas preguntas, los resultados indican que la aceptación del sistema permite una futura mejor implementación en campo. Sin embargo, debido a que los resultados son percepciones de los trabajadores de una obra, no se puede esperar obtener los mismos niveles de aceptación en otras obras. No obstante, analizando los resultados conseguidos se obtiene que los trabajadores encuestados que consideran que les gustaría que la empresa implemente el monitoreo en el próximo proyecto alcanzan un 81.9% y los que les gustaría que empresa implemente el monitoreo lo más pronto posible alcanzan un 81.3%. Estos resultados indican una buena aceptación del monitoreo debido a que sugieren que más del 80% de los trabajadores encuestados aceptarían volver a participar de un monitoreo. Por otro lado, se obtuvo que los trabajadores encuestados que consideran que les gustaría ayudar a la empresa a implementar el sistema alcanzan un 77.9%. En la Figura 56, se puede apreciar los resultados generales obtenidos al evaluar las tres preguntas finales de esta área de la encuesta. A partir del análisis cuantitativo y cualitativo, se encontró que la herramienta generó una respuesta positiva por parte de los trabajadores. Por otro lado, se obtuvieron comentarios que indicaban que los trabajadores monitoreados se encontrarían interesados en que la herramienta continúe aplicándose y se vuelva una práctica común.

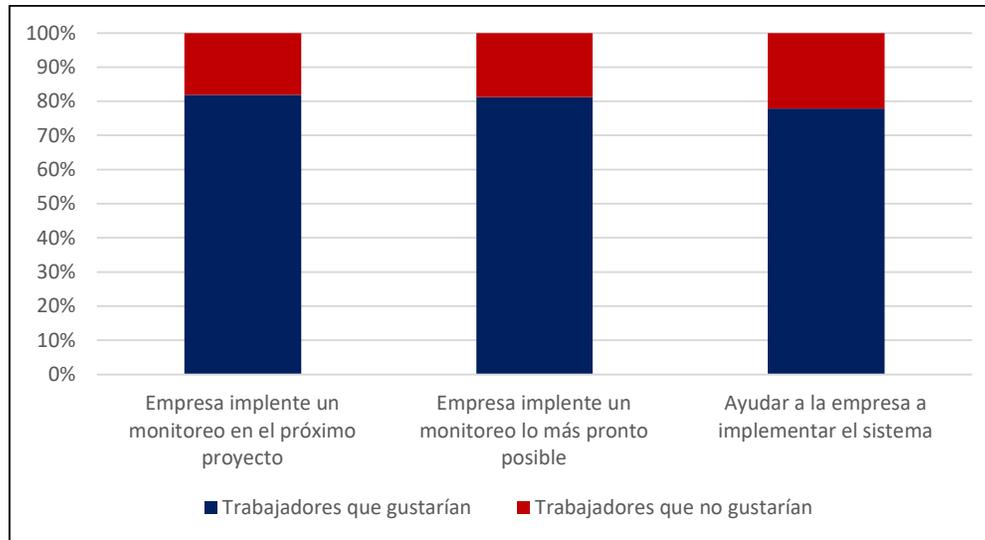


Figura 56. Resultados de las preguntas finales de aceptación

Nota. Elaboración propia.

7.1.3. Conclusiones de la correlación de las áreas evaluadas

Mediante un análisis cuantitativo, se pudo evidenciar que las diferentes áreas evaluadas manifestaron mayormente correlaciones fuertes entre ellas. Por otro lado, durante el monitoreo, se pudo atestiguar algunas interacciones o relaciones entre estas áreas. Además, mediante las entrevistas, los trabajadores comentaron vivencias o pensamientos que ayudaron a reforzar la relación entre las áreas evaluadas.

Un caso es el de la relación entre la utilidad y la seguridad, la cual presentan una correlación lineal positiva fuerte, donde se demostró cuantitativamente que un incremento en la calidad del área de trabajo está correlacionado con una mayor protección frente a las maquinarias y equipos. Esta relación entre áreas es respaldada por las entrevistas, dado que se comentó que al sentir el incremento en su seguridad evidenciaron una mayor utilidad de la herramienta debido a que, en caso de presentarse algún accidente dentro de la obra, se les podría localizar rápidamente empleando los sensores. Asimismo, en la privacidad y seguridad también se encontró una correlación fuerte; se demostró cuantitativamente que un incremento en la protección contra los riesgos de caída está correlacionado con la comodidad de que se conozca el tiempo que paso fuera de su zona de trabajo. Esta relación es respaldada por las entrevistas debido a que los trabajadores comentaron que no les afectó que se conozca su posición en todo momento ya que, en caso de que se encontrasen en lugares alejados sin supervisión y ocurriese un accidente, se les podría auxiliar.

Se obtuvo que el área que presenta una mayor cantidad de correlaciones altas es el área de aceptación. Esto indica que esta área guarda una estrecha relación con las demás áreas evaluadas. La buena aceptación se puede inferir que es causado debido a que los trabajadores no sintieron una invasión a su privacidad, conocieron y experimentaron la utilidad del sistema, y no evidenciaron que se afectará su bienestar; sin embargo, cuantitativamente, solo se pudo demostrar que estas áreas guardan una correlación y no una relación causa-efecto con la aceptación. No obstante, nos permiten entender que, obtener buenos resultados en todas las áreas, es importante para poder incrementar la aceptación a ser monitoreados evitando la posibilidad de que se considere una amenaza. Se identificó que existe una correlación positiva lineal fuerte entre el gusto a ser monitoreado y el estar cómodos con que se conozca el tiempo que pasó fuera de su zona de trabajo. Esta relación se apoya en los resultados de las entrevistas realizadas, ya que se encontró que el personal que estuvo de acuerdo en seguir participando en proyectos con monitoreo no percibió que su privacidad haya sido vulnerada en algún momento. Esto se da a entender que, si los obreros monitoreados no perciben una vulneración a su privacidad por parte de la herramienta, no existirá una problemática con respecto a que el seguimiento continúe en la obra. Por otro lado, la aceptación también mostró una correlación positiva lineal fuerte con la utilidad. Se demostró cuantitativamente que una percepción de mejora en la productividad está correlacionada con la idea de que el monitoreo hace el trabajo más interesante. Esta relación es respaldada por las entrevistas donde se comentó que estarían interesados en continuar con el monitoreo, debido a que consideran interesante que se les pueda informar que día tuvieron mayor o menor avance.

Adicionalmente, el área de bienestar presenta la mayor correlación con el área de aceptación. Se demostró cuantitativamente que una mayor percepción de satisfacción generada por el monitoreo guarda correlación con el deseo de que la herramienta sea implementada lo más pronto posible. Esto da a entender que, si los trabajadores no experimentan sentimientos negativos causados por el monitoreo, se conseguirá una correcta aceptación al sistema y no habrá dificultades en su implementación. En las entrevistas, comentaron que si están de acuerdo en que se implemente el sistema de monitoreo al no sentirse amenazados por esta.

7.2. Recomendaciones

Las conclusiones obtenidas en la presente tesis no deben ser consideradas como definitivas, puesto que existen otras investigaciones donde se afirma que, en otras industrias, el monitoreo eleva la carga de trabajo y genera malestar en los trabajadores. Es por ello por lo

que se recomienda que la presente investigación sea contrastada con investigaciones pasadas y sea empleada como base para futuras investigaciones, pero los resultados obtenidos no deben de ser generalizados para todo el sector construcción de esta u otras regiones.

El uso de brazaletes facilitó la distinción entre los trabajadores monitoreados de los que no lo estaban. Por ello, se recomienda para futuras investigaciones el uso de un distintivo para poder tener una mejor visualización en campo de los trabajos monitoreados. Además, esta distinción incentivó la curiosidad de los trabajadores y los encargados de otras partidas a preguntar sobre el monitoreo y su funcionamiento. Este hecho permitió mejorar la aceptación inicial de las siguientes partidas a monitorear.

Se recomienda realizar varias pruebas en campo con todos los equipos completos, antes de realizar el monitoreo. Esto debido a que se debe comprobar el rango de lectura del equipo frente a los distintos ambientes presentes en las obras, ya que existen zona de trabajos muy cargadas de obstáculos lo cual reduce y/o genera interferencias en la señal. Además, si el sistema utiliza una conexión Wi-fi, también debe comprobarse el rango de cobertura de este. Cabe resaltar que, en campo, se evidenció que las señales emitidas por el sistema ICONS y las señales emitidas por el módem Wi-fi poseían diferentes capacidades de penetración, siendo esta última señal la cual poseía una mayor capacidad de penetrar a través de los muros y las losas de concreto.

Se recomienda analizar otras propuestas para la incorporación de sensores en obra, ya que se detectó que los brazaletes implementados, al no ser de la talla apropiada para el trabajador, provocaron incomodidades físicas en algunos trabajadores durante la realización de sus actividades laborales. Asimismo, se recomienda que la propuesta de incorporación pueda cambiar de acuerdo con la función que realiza el obrero; es decir, que tenga la flexibilidad de ser colocada en cualquier lugar del cuerpo evitando que incomode a los trabajadores al momento de realizar su trabajo.

8. REFERENCIAS

Ariztazabal, M. (2018). *Estrés laboral y su relación con la demanda-control del trabajador, de colaboradores de dos PYMES de la ciudad de Manizales y propuesta de intervención. Especialización en Gerencia de la SST* (Doctoral dissertation, Tesis de grado, Universidad de Manizales, Colombia).

Alegría, T., & Luiggi, E. S. (2014). Sistema de monitoreo y alivio del stress.

Alliance, W. F. (2003). Securing Wi-Fi wireless networks with today's technologies. *White paper, February*.

Álvarez, F. T., Londoño, M. E. L., Posada, A. S., & Jáuregui, M. V. (2016). Modelo analítico de factores psicosociales en contextos laborales. *Revista Interamericana de Psicología Ocupacional*, 29(2), 95-137.

Alexandres Fernández, S., Rodríguez-Morcillo García, C., & Muñoz Frías, J. D. (2006). RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia.

Balboa, M. (2021). *Evaluación de las percepciones individuales sobre la aceptación y uso de bim de los profesionales de la construcción* [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio - Pontificia Universidad Católica del Perú.

Castañeda Herrera, Y., Betancourt, J., Salazar Jiménez, N. L., & Mora Martínez, A. (2017). Occupational well-being and mental health in organizations.

Chacaltana, J. (2006). Dimensiones de la productividad del trabajo en las empresas de América Latina. *Un estudio comparativo de Argentina, México, Panamá y Perú, OIT, Oficina Regional para América Latina y el Caribe*. Recuperado el 10 de junio de 2021 de https://www.ilo.org/americas/sala-de-prensa/WCMS_LIM_359_SP/lang--es/index.htm

Chae, S., & Yoshida, T. (2010). Application of RFID technology to prevention of collision accident with heavy equipment. *Automation in construction*, 19(3), 368-374.

Cheng, T., & Teizer, J. (2014). Modeling tower crane operator visibility to minimize the risk of limited situational awareness. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 28(3), 04014004.

Chuco, V. (2021). El teletrabajo y su impacto en el estrés de los trabajadores. *Newman Business Review*, 7(1), 81-98.

Comité Mixto OIT-OMS. Factores psicosociales en el trabajo: naturaleza, incidencia y prevención. 9º Reunión Medicina del trabajo. Septiembre 18-24 de 1984.

Costin, A., Pradhananga, N., & Teizer, J. (2012). Leveraging passive RFID technology for construction resource field mobility and status monitoring in a high-rise renovation project. *Automation in Construction*, 24, 1-15.

Diaz, J. (2003). Tecnología Ultra-Wideband (UWB): la revolución a corto alcance. *Buran*, (19), 52-56.

El-Omari, S., & Moselhi, O. (2008). Integrating 3D laser scanning and photogrammetry for progress measurement of construction work. *Automation in construction*, 18(1), 1-9.

Fernández, N. G. (2006). Modelo de cobertura en redes inalámbricas basado en radiosidad por refinamiento progresivo. *Universidad de Oviedo, Oviedo*.

FiRa The Power to Be Precise (2018). What UWB Does. FiRa Consortium. <https://www.firaconsortium.org/discover/what-uwb-does>

George, D., & Mallery, P. (1995). SPSS/PC + step by step: A simple guide and reference. Belmont, Estados Unidos: Wadsworth Publishing Company.

Herrera, Y. C., Betancur, J., Jiménez, N. L. S., & Martínez, A. M. (2017). Bienestar laboral y salud mental en las organizaciones. *Revista electrónica PSYCONEX*, 9(14), 1-13.

Heredia Peña, M. I. (2014). *Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN) de alta densidad* (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas).

Hole, Kjell & Dyrnes, Erlend & Thorsheim, Per. (2005). Securing Wi-Fi networks. *Computer*. 38. 28 - 34. 10.1109/MC.2005.241.

Jiang, R., Jáuregui, D. V., & White, K. R. (2008). Close-range photogrammetry applications in bridge measurement: Literature review. *Measurement*, 41(8), 823-834.

Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., Rodríguez, J. E., Rangel, J. G. C., Sierra, C. A. T., Torrado, M. K. A., ... & Pirela, V. J. B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595.

Lee, U. K., Kim, J. H., Cho, H., & Kang, K. I. (2009). Development of a mobile safety monitoring system for construction sites. *Automation in Construction*, 18(3), 258-264.

Lin, P., Li, Q., Fan, Q., & Gao, X. (2013). Real-time monitoring system for workers' behaviour analysis on a large-dam construction site. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 9(10), 509423.

Mejía, G., & Hernández, T. C. (2007). Seguimiento de la productividad en obra: técnicas de medición de rendimientos de mano de obra. *Revista UIS ingenierías*, 6(2), 45-59.

Millán, R. J. (2004). UWB (Ultra Wide Band). *Boletín de Ingenieros de Telecomunicación (BIT)*, 147, 69-71.

Naranjo, D. L. D. (2011). Estrés laboral y sus factores de riesgo psicosocial (Work stress and psychosocial risk factors)(Estresse no trabalho e fatores psicossociais de risco). *CES Salud Pública*, 2(1), 80-84.

National Institute of Standards and Technology (2006). "Advanced Technology Program". NIST, <<http://www.atp.nist.gov/>> (Sept. 17, 2021).

OIT-OMS, C. M. (1984). Factores psicosociales en el trabajo: Naturaleza, incidencia y prevención. *Medicina del Trabajo*. 9ª Reunión.

Olivieri, H., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2017, July). Real-time tracking of production control: requirements and solutions. In *Proc. Lean & Computing in Construction Congress (LC3)* (Vol. 1, pp. 671-678).

Omar, H., Mahdjoubi, L., & Kheder, G. (2018). Towards an automated photogrammetry-based approach for monitoring and controlling construction site activities. *Computers in Industry*, 98, 172-182.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2010). Entornos laborales saludables: fundamentos y modelo de la OMS: contextualización, prácticas y literatura de apoyo.

Oswald, D., Borg, J., & Sherratt, F. (2019). Mental Health in the Construction Industry: A rapid review. In *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, C. Pasquire and FR Hamzeh, eds., Dublin, Ireland* (pp. 1049-1058).

Rios, F. C., Grau, D., Assainar, R., Ganapathy, R., & Diosdado, J. (2015). Stabilizing craft labor workflow with instantaneous progress reporting. *IGLC 23*, 43.

Rodríguez, M. (2009). Factores psicosociales de riesgo laboral: ¿nuevos tiempos, nuevos riesgos?. *Observatorio laboral revista venezolana*, 2(3), 127-141.

Sánchez, J. R., & Martínez, J. V. D. (2012). Las redes inalámbricas, más ventajas que desventajas.

Schleifer, L. M. (1990). Electronic performance monitoring and stress in computer-based office tasks: A review of the literature and recommendations for further research. In *Midwest Human Factors Conference, Dayton, OH, May*.

Skibniewski, M. J. (2014). Information technology applications in construction safety assurance. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(6), 778-794.

Smith, M. J., Carayon, P., Sanders, K. J., Lim, S. Y., & LeGrande, D. (1992). Employee stress and health complaints in jobs with and without electronic performance monitoring. *Applied ergonomics*, 23(1), 17-27.

Son, H., Bosché, F., & Kim, C. (2015). As-built data acquisition and its use in production monitoring and automated layout of civil infrastructure: A survey. *Advanced Engineering Informatics*, 29(2), 172-183.

Teizer, J., & Castro-Lacouture, D. (2007). Combined ultra-wideband positioning and range imaging sensing for productivity and safety monitoring in building construction. In *Computing in Civil Engineering (2007)* (pp. 681-688).

Teizer, J., Lao, D., & Sofer, M. (2007, September). Rapid automated monitoring of construction site activities using ultra-wideband. In *Proceedings of the 24th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Kochi, Kerala, India* (pp. 19-21).

Urbina, A. (2019). *Monitoreo en tiempo real de la producción en un proyecto de construcción* [Tesis de maestría]. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Vieira, G. G., Varela, M. L. R., Putnik, G. D., Machado, J., & Trojanowska, J. (2016). Integrated platform for real-time control and production and productivity monitoring and analysis.

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, 109-127.

Wang, L., Xu, S., Qiu, J., Wang, K., Ma, E., Li, C., & Guo, C. (2020). Automatic monitoring system in underground engineering construction: review and prospect. *Advances in Civil Engineering*, 2020.

Ward, M., Thorpe, T., Price, A., & Wren, C. (2004). Implementation and control of wireless data collection on construction sites. *Journal of Information Technology in Construction (ITCon)*, 9(21), 297-311.

Woo, S., Jeong, S., Mok, E., Xia, L., Choi, C., Pyeon, M., & Heo, J. (2011). Application of WiFi-based indoor positioning system for labor tracking at construction sites: A case study in Guangzhou MTR. *Automation in Construction*, 20(1), 3-13.

Wu, W. W.; Yang, H. J.; Chew, D. A. S.; Yang, S. H.; Gibb, A. G. F.; Li, Q. M. (2010). Towards an autonomous real-time tracking system of near-miss accidents on construction sites, *Automation in Construction* 19(2): 134–141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.017>



9. ANEXOS

Anexo A. Encuesta de percepción del monitoreo

COD		Sección A. Información General							
A1	Edad								
A2	Años de experiencia en el rubro								
A3	Categoría		Capataz / Operario / Oficial / Ayudante						
A4	Cuadrilla a la que pertenece								
A5	¿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							
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					
<i>El monitoreo te hace sentir...</i>			Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	De acuerdo (3)	Totalmente de acuerdo (4)	No sé/no opina
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					
<i>El monitoreo afecta tu ...</i>			Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	De acuerdo (3)	Totalmente de acuerdo (4)	No sé/no opina
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					
<i>Considero que ...</i>			Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	De acuerdo (3)	Totalmente de acuerdo (4)	No sé/no opina
F1	25	El monitoreo es una buena idea					
F2	26	Me gusta 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					

Anexo B. Cronograma de las partidas de carpintería y acero

LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
1 Inicio del monitoreo Charla de presentación	2	3	4	5 Primera encuesta		
6	7	8	9	10 Segunda encuesta Término del monitoreo		

Nota:

- El monitoreo a los trabajadores de la partida se realiza de lunes a viernes de 8:00 a.m. a 12:00 p.m.
- La duración del monitoreo es de 10 días consecutivos (sin contar sábados ni domingos)
- El inicio del monitoreo es variable para cada partida, puede comenzar cualquier día entre lunes y viernes

LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
1 Inicio del monitoreo Charla de presentación	2	3	4	5 Primera encuesta	6	
7	8 Segunda encuesta Término del monitoreo					

Anexo C. Cronograma de las partidas de tabiquería, instalaciones y tarrajeo

Nota:

- El monitoreo a los trabajadores de la partida se realiza de lunes a sábado de 8:00 a.m. a 12:00 p.m.
- La duración del monitoreo es de 8 días consecutivos (sin contar domingos)
- El inicio del monitoreo es variable para cada partida, puede comenzar cualquier día entre lunes y sábado

Anexo D. Formato de la entrevista

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?

Anexo E. Codificación utilizada para los sensores

Codificación utilizada en los sensores	
Código del sensor	Nombre del sensor
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.

Anexo F. Codificación utilizada para los módems

Codificación utilizada en los equipos	
Código del módem	Nombre del módem
131	icons-peru-005
132	icons-peru-001
133	icons-peru-004
134	icons-peru-002
135	icons-peru-003
136	icons-peru-006

Nota. Elaboración propia.



Anexo G. Documento de ética

COLABORACIÓN EN INVESTIGACIÓN

Lima, ____ de _____ del _____

Estimados

Sr (es). **“Empresa Colaboradora”**

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 **“Proyecto Inmobiliario”**.

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,

**ZONA DE FIRMAS DE LOS TESISISTAS, DEL
INVESTIGADOR A CARGO Y DEL REPRESENTANTE DEL
PROYECTO**