



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Validación del uso de drones para la recolección de
información ergonómica en puestos de difícil acceso vinculada
a trabajos de alturas en el sector eléctrico”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Presentada por:

Paulo Andrés Campoverde Muñoz

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2025

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Lcda. Fátima Barzola por su valioso apoyo en la gestión del enlace que permitió el desarrollo de este proyecto.

Al personal de mantenimiento de CNEL, cuyo respaldo y colaboración fueron fundamentales para la recolección de información.

Al PhD. Oswaldo Jara, tutor de esta investigación, por su orientación y acompañamiento durante todo el proceso.

A mis profesores de maestría, cuyo conocimiento ha sido fundamental en mi formación.

DEDICATORIA

A mi esposa, quien en este nuevo trayecto se convirtió en mi fortaleza, mi ayuda y mi hogar. Su apoyo incondicional y compañía han sido el motor que me impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes.

A mis padres y a mi hermano menor. Su confianza y amor han sido el pilar sobre el cual he construido mis sueños.

A mi hermano gemelo, Diego, con quien comparto la búsqueda constante de días mejores.

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Paulo Andrés Campoverde Muñoz acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor del proyecto de graduación corresponderá al autor, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, febrero del 2025.

Paulo Andrés
Campoverde Muñoz

Evaluadores

PhD. Kleber Barcia Villacreses

Profesor de Materia

PhD. Jorge Jara Diaz

Tutor de proyecto

RESUMEN

El uso de drones en la evaluación ergonómica optimiza la captura de imágenes y videos en puestos de difícil acceso, permitiendo un análisis más preciso de posturas forzadas. Este estudio comparó mediciones goniométricas obtenidas con dron y cámara convencional en diferentes planos anatómicos, aplicando la metodología REBA. Se halló que el dron redujo errores de paralaje y mejoró la visibilidad de segmentos corporales, identificando con mayor precisión desviaciones posturales. En total, se registraron 26 angulaciones con el dron y 22 con el celular, lo que representó una diferencia del 15.38 % en favor del dron. En varios casos, el riesgo ergonómico fue mayor al evaluarse con imágenes de dron, como en la Tarea 4, donde se obtuvo un nivel de riesgo muy alto (REBA: 12) con el dron y alto con el celular (REBA: 9); en la Tarea 6, el riesgo fue medio con el dron (REBA: 8) y bajo con el celular (REBA: 6); y en la Tarea 7, el dron indicó un riesgo alto (REBA: 10), mientras que el celular registró un nivel medio (REBA: 6). Además, en entornos urbanos, el dron superó obstáculos visuales como viviendas y estructuras, facilitando la detección temprana de riesgos en trabajos en altura y contribuyendo a estrategias de prevención. Se concluye que su implementación mejora significativamente la evaluación ergonómica y la precisión del análisis postural.

Palabras clave: ergonomía, drones, posturas forzadas, REBA, goniometría.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ABREVIATURAS	IX
SIMBOLOGÍA.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
 CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Marco teórico.....	3
 CAPÍTULO 2	
2. METODOLOGÍA.....	7
2.1 Definir puesto de difícil acceso vinculado a trabajos en altura y sus procedimientos	8
2.2 Levantamiento de información planos generales y cortos.....	8
2.3 Recolección simultánea de datos con dron y cámara celular	9
2.4 Comparación de datos mediante técnicas goniométricas, ángulos de confort y evaluación de posturas adoptadas	10
 CAPÍTULO 3.....	
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	20
3.1 Definir puestos de difícil acceso vinculados a trabajos en altura y sus procedimientos	20
3.2 Procedimiento de cambio de aisladores	21
3.3 Procedimiento de cambio de crucetas y soportes	22
3.4 Levantamiento de información simultánea de planos generales con dron y celular	25
3.5 Comparación de información capturada de manera simultánea con el dron y celular mediante técnicas goniométricas	26
3.6 Evaluación por el método REBA.....	28
3.6.1 Evaluación de la Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada	28
3.6.2 Evaluación de la Tarea 6. Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo.....	32

3.6.3	Evaluación de la Tarea 7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta	36
3.7	Recomendaciones basadas en las posturas forzadas	40
CAPÍTULO 4		
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		42
4.1	Conclusiones	42
4.2	Recomendaciones	43
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ABREVIATURAS

AO	Amplitud de Movimiento
AOO	Amplitud Óptima de Movimiento
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad – CNEL EP
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INEC	Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
REBA	Rapid Entire Body Assessment

SIMBOLOGÍA

μs	Micro siemens
mg	Miligramo
mEq	Miliequivalentes
°	Grados sexagesimales

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Posición neutra o cero para el análisis goniométrico.....	4
Figura 1.2 Planos imaginarios que dividen el cuerpo en diferentes zonas	4
Figura 1.3 Movimientos según el plano a) plano sagital: flexión-extensión, b) plano frontal: aducción y aducción, c) inclinación del raquis lateral o izquierda, d) plano transversal: rotación derecha o izquierda.....	5
Figura 2.1 Metodología aplicada al proyecto.....	7
Figura 2.2 Zona de estudio	8
Figura 2.3 Movimiento de inclinación lateral e izquierda, además de flexión y extensión del raquis dorsolumbar y tronco	11
Figura 2.4 Flexión-extensión cervical a partir de la posición 0	12
Figura 2.5 Inclinación de la cadera y flexión de la rodilla	13
Figura 2.6 Abducción y aducción de la articulación escapulohumeral derecha	14
Figura 2.7 Flexión-extensión del codo derecho a partir de la posición 0	15
Figura 2.8 Extensión y flexión de la muñeca a partir de la posición 0	16
Figura 2.9 Cálculo de la puntuación final del Grupo A.....	17
Figura 2.10 Cálculo de la puntuación final del Grupo B.....	17
Figura 2.11 Cálculo de la puntuación C	18
Figura 2.12 Resumen de esquema de puntuaciones REBA.....	18
Figura 3.1 Pernos tipo Pin en una estructura o cruceta.....	20
Figura 3.2 Procedimiento de colocación y cambio de pernos tipo PIN, a) Desmontaje del aislador perno tipo pin; b) Postura de reposo del trabajador mientras espera la entrega del nuevo perno tipo pin para su instalación en la cruceta.	22
Figura 3.3 Procedimiento de cambio de crucetas y soportes, donde a) Tarea 7. Desmontaje de la cruceta dañada y su descenso; b) Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada	23
Figura 3.4 Cambio de crucetas y soportes.....	24
Figura 3.5 Planos generales obtenidos con celular a distinto nivel del trabajador	25
Figura 3.6 Planos generales obtenidos con dron a la altura del trabajador	26
Figura 3.7 Imágenes capturadas mientras se realiza la puesta a tierra temporal a) Con cámara celular desde el nivel del suelo, b) Con dron a la altura del trabajo realizado.	27
Figura 3.8 Imágenes capturadas mientras se realiza la puesta a tierra temporal a) Con cámara celular desde el nivel del suelo, b) Con dron a la altura del trabajo realizado.	27
Figura 3.9 Imágenes capturadas mientras se realiza retiro de pernos a) Con cámara celular desde el nivel del suelo, b) Con dron a la altura del trabajo realizado	28
Figura 3.10 Puntuación de los segmentos del Grupo A	30
Figura 3.11 Puntuación de los segmentos del Grupo B	31
Figura 3.12 Puntuación de los segmentos del Grupo A	34
Figura 3.13 Puntuación de los segmentos del Grupo B	35
Figura 3.14 Puntuación de los segmentos del Grupo A	38
Figura 3.15 Puntuación de los segmentos del Grupo B	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Goniometría aplicada para angular movimientos en los planos frontal, sagital y transversal	9
Tabla 2 Ángulos de limitación funcional y de confort del raquis dorsolumbar y tronco	10
Tabla 3 Puntuación del tronco según la metodología REBA	11
Tabla 4 Ángulos de limitación funcional y de confort del raquis cervical y cuello.....	11
Tabla 5 Puntuación del Cuello según la metodología REBA	12
Tabla 6 Ángulos de limitación funcional y de confort del codo	12
Tabla 7 Puntuación de las piernas según la metodología REBA.....	13
Tabla 8 Ángulos de limitación funcional y de confort de articulación escapulohumeral y hombro	13
Tabla 9 Puntuación del brazo según la metodología REBA	14
Tabla 10 Ángulos de limitación funcional y de confort del codo	15
Tabla 11 Puntuación asignada al antebrazo según la metodología REBA	15
Tabla 12 Ángulos de limitación funcional y de confort del codo	15
Tabla 13 Puntuación de la muñeca según la metodología REBA	16
Tabla 14 Puntuación de la carga o fuerza realizada	17
Tabla 15 Puntuación del acoplamiento de la mano o del cuerpo con la carga	17
Tabla 16 Puntuación correspondiente a la actividad según la metodología REBA.....	18
Tabla 17 Niveles de actuación según la puntuación final del método REBA	19
Tabla 18 Procedimiento de cambio de aislador tipo PIN	21
Tabla 19 Procedimiento del cambio de cruceta (estructura metálica)	23
Tabla 20 Puntuaciones finales REBA de la Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada.....	32
Tabla 21 Puntuaciones finales REBA de la Tarea 6. Desmontaje el aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo.....	36
Tabla 22 Puntuaciones finales REBA de la Tarea 7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta	40

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

El sector eléctrico ecuatoriano ha representado un pilar estratégico para el desarrollo del país, al ser clave en la provisión de energía, un recurso esencial que impulsa el crecimiento económico y social. Su relevancia se ha sustentado en garantizar un servicio confiable y eficiente, fomentando el uso de energías renovables y promoviendo la diversificación de la matriz energética hacia un futuro sostenible. Según el Ministerio de Energía y Minas (2022), el sector ha alcanzado avances significativos en áreas como generación, transmisión, distribución y comercialización, consolidándose como un eje fundamental en el desarrollo nacional.

En este contexto, las actividades realizadas dentro del sector eléctrico, como el mantenimiento de líneas eléctricas sin tensión, han sido clasificadas como de alto riesgo debido a las exigencias físicas y ambientales que enfrentan los trabajadores. Estas tareas implican la adopción de posturas de diferentes tipos, muchas de las cuales se consideran forzadas y están relacionadas con la aparición de lesiones musculoesqueléticas. Además, estos trabajadores están frecuentemente expuestos a otros riesgos laborales, como el estrés térmico, que en conjunto pueden afectar significativamente su desempeño y bienestar.

En particular, los riesgos ergonómicos derivados de factores como los esfuerzos físicos excesivos, los movimientos repetitivos o la adopción de posturas no naturales constituyen una de las principales categorías de riesgos laborales en el sector eléctrico. Estos riesgos no solo incrementan la probabilidad de cansancio y errores, sino que también contribuyen al desarrollo de accidentes, enfermedades profesionales y trastornos musculoesqueléticos. Para mitigar este tipo de riesgos, se requieren herramientas específicas que permitan analizar con precisión los segmentos corporales involucrados en cada actividad. Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (2015), el uso de fotografías y videos constituye un recurso clave para realizar una correcta evaluación ergonómica, ya que facilita la medición y el análisis angular de los movimientos.

Sin embargo, uno de los principales desafíos en la evaluación ergonómica de trabajos en altura radica en la dificultad de obtener información precisa y representativa de las posturas adoptadas por los trabajadores durante la ejecución de sus labores. Esta problemática se ve acentuada en tareas realizadas en espacios de difícil acceso, donde la limitada perspectiva de observación complica la recopilación de datos de calidad. En este sentido, la utilización de tecnologías como drones y cámaras de alta resolución ofrece una solución innovadora que puede mejorar significativamente la precisión y el alcance del análisis ergonómico.

En este marco, el presente proyecto aborda dicha problemática desde una perspectiva técnica y alineada con las disposiciones legales del país. Conforme al artículo 326, numerales 5 y 6 de la Constitución de la República del Ecuador (Gobierno Constitucional de la República del Ecuador, 2024), toda persona tiene derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar. Por lo tanto, esta investigación no solo busca aportar a la mejora de las condiciones laborales en el sector eléctrico, sino también promover el cumplimiento de los derechos constitucionales de los trabajadores, priorizando su seguridad y calidad de vida.

1.1 Descripción del problema

En el caso de la Corporación Nacional de Electricidad y otras empresas del sector eléctrico, se ha identificado que una gran proporción de las posturas adoptadas durante el mantenimiento de líneas eléctricas sin tensión corresponden a trabajos en altura que frecuentemente derivan en posturas incómodas y potencialmente forzadas, aumentando el riesgo de lesiones musculoesqueléticas (Quinatoa Toapanta, 2018). Estos riesgos laborales, asociados principalmente a las posturas adoptadas en tareas de difícil acceso, pueden ser evaluados a través de análisis ergonómicos, los cuales requieren como insumos iniciales fotografías o videos que permitan analizar los movimientos corporales.

Sin embargo, en la práctica, los insumos fotográficos o videos suelen capturarse desde el nivel del suelo debido a las limitaciones de acceso en los trabajos en altura. Este método introduce un sesgo significativo, ya que las imágenes obtenidas no representan con precisión las condiciones reales de trabajo ni las angulaciones corporales adoptadas. Este sesgo puede afectar la calidad y fiabilidad de las evaluaciones ergonómicas posteriores, lo que limita la capacidad de identificar correctamente los segmentos corporales sobrecargados y las posturas forzadas.

El uso de drones se presenta como una solución innovadora para este problema, ya que permite la captura de fotografías y videos en tiempo real desde perspectivas más cercanas y representativas, sin necesidad de simulaciones ni del acceso físico de un técnico junto al trabajador. Los drones pueden proporcionar datos más precisos y fiables, mejorando considerablemente el análisis de posturas y reduciendo los sesgos inherentes al método tradicional.

A pesar de los avances en el uso de drones para diversas aplicaciones, en Ecuador y gran parte de Latinoamérica no se han realizado estudios específicos sobre su implementación en evaluaciones ergonómicas dentro del sector. Este vacío en la literatura resalta la necesidad de explorar y validar el uso de drones como herramienta para optimizar los insumos fotográficos utilizados en estudios ergonómicos. La presente investigación busca contribuir al conocimiento en esta área, proponiendo una metodología que mejore la precisión y representatividad de las angulaciones corporales, en particular de las extremidades superiores, con el objetivo de establecer nuevas prácticas en la evaluación ergonómica de trabajos en altura.

1.2 Justificación del problema

El mantenimiento de líneas eléctricas sin tensión representa una actividad de alto riesgo dentro del sector eléctrico, especialmente por las posturas incómodas y forzadas que deben adoptar los trabajadores al realizar sus labores en altura. Estas posturas, combinadas con el esfuerzo físico sostenido y la repetitividad de los movimientos, incrementan significativamente la probabilidad de desarrollar lesiones musculoesqueléticas. La evaluación ergonómica es una herramienta esencial para identificar y mitigar estos riesgos, pero su efectividad depende en gran medida de la calidad y representatividad de los insumos visuales utilizados, como fotografías y videos.

En la actualidad, las imágenes y videos necesarios para las evaluaciones ergonómicas suelen capturarse desde el nivel del suelo, lo que genera un sesgo inherente debido a la perspectiva limitada. Este método introduce distorsiones en la representación de las angulaciones corporales, dificultando un análisis preciso de las posturas reales adoptadas por los trabajadores durante sus labores.

Ante estas limitaciones, la validación del uso de drones como herramienta para la captura de fotografías y videos en tiempo real durante trabajos en altura ofrece una solución innovadora y práctica. Los drones permiten obtener insumos visuales desde perspectivas más representativas, eliminando los sesgos asociados a la captura desde el suelo y las simulaciones. Además, esta tecnología mejora la precisión de los análisis ergonómicos, al tiempo que incrementa la seguridad al evitar la exposición de técnicos en entornos peligrosos.

La presente investigación busca justificar el uso de drones como un recurso clave para optimizar las evaluaciones ergonómicas en el sector eléctrico. A pesar de los avances globales en la integración de drones en diversas industrias, en Ecuador y gran parte de Latinoamérica no se han explorado ampliamente sus aplicaciones en la evaluación ergonómica. Este vacío en la literatura y en la práctica destaca la necesidad de desarrollar estudios específicos que validen su eficacia y promuevan su implementación en el sector eléctrico, con el objetivo de mejorar la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores expuestos a riesgos ergonómicos en altura.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Validar la utilidad de drones como herramienta para la recolección de información ergonómica mediante la captura de fotografías y videos, a fin de la mejora en el insumo visual que permita la evaluación de posturas forzadas en puestos de difícil acceso.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar fotografías de los segmentos corporales mediante técnicas goniométricas obtenidas a través del dron.
- Analizar fotografías de los segmentos corporales mediante técnicas goniométricas desde el suelo capturadas con cámara.
- Comparar la calidad y precisión de la información obtenida mediante drones con la obtenida por métodos tradicionales capturadas desde el suelo.

1.4 Marco teórico

La ergonomía, en el contexto de condiciones de trabajo inadecuadas, representa un factor de riesgo significativo que impacta tanto la seguridad como, especialmente, la salud de los trabajadores. De acuerdo con la Asociación Internacional de Ergonomía, los sistemas, productos, ambientes y tareas laborales deben adaptarse a las capacidades y limitaciones físicas de las personas. Los riesgos ergonómicos, por tanto, forman parte integral de la clasificación de los riesgos laborales, en línea con las definiciones técnicas establecidas en la materia (Álvarez-Casado et al., n.d.).

Los sectores eléctricos, construcción naval, telecomunicaciones, construcción, y minería comparten elementos en común como trabajos que involucran cables pesados, posturas forzadas, movimientos repetitivos y un elevado esfuerzo realizado con las extremidades superiores (Varela García, 2018). Con respecto a las posiciones cómodas, incómodas y posturas forzadas, estas pueden ser analizadas mediante goniometría, ciencia que

estudia la medición de ángulos y en su aplicación en las ciencias médicas, la cual mide los ángulos producto de las intersecciones de los ejes longitudinales de los huesos a nivel de las articulaciones (Taboadela, 2007).

Las mediciones goniométricas inician desde una posición neutra o cero, en la Figura 1.1 se observa la posición cero, la cual se caracteriza por los pulgares hacia adelante y todas las articulaciones se encuentran en 0° , a partir de esta posición se utilizan planos de referencia, los cuales sirven para dividir el cuerpo en diferentes zonas y facilitar su estudio, mencionadas zonas son los planos sagital, frontal o coronal y transversal o axial, donde los tres planos son perpendiculares entre sí.

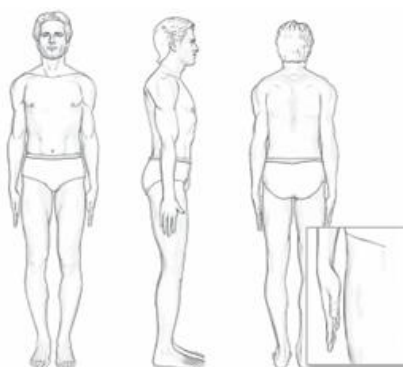


Figura 1.1 Posición neutra o cero para el análisis goniométrico

Fuente: (Taboadela, 2007)

La Figura 1.2 expone los planos y ejes corporales del cuerpo, tal y como se observa el plano sagital divide el cuerpo en una parte derecha e izquierda, siendo cruzada perpendicularmente por el eje mediolateral. Por su parte, el plano frontal divide al cuerpo en una parte anterior y posterior con un eje anteroposterior perpendicular al plano. Finalmente, el plano transversal divide al cuerpo en una parte superior y otra inferior, la cual es perpendicular al plano por el eje vertical (Taboadela, 2007).

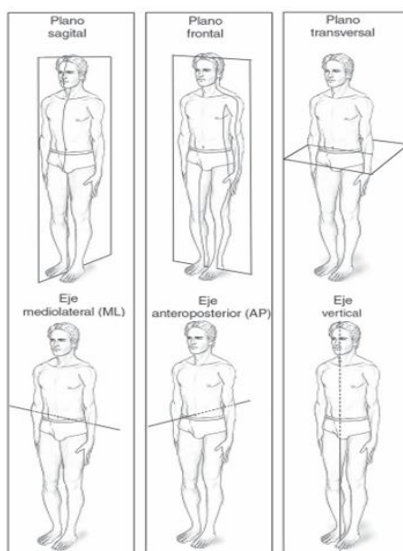


Figura 1.2 Planos imaginarios que dividen el cuerpo en diferentes zonas

Fuente: (Taboadela, 2007)

Dependiendo del perfil de la persona se pueden distinguir los movimientos que se producen, tal y como se observa en la Figura 1.3 a), donde en el plano sagital se

observan los movimientos de flexión-extensión; por su parte en el plano frontal se distinguen los movimientos de abducción y aducción (Figura 1.3 b); adicional a ello, en el plano frontal se identifican los movimientos de inclinación lateral del raquis sea derecha o izquierda con respecto al eje del cuerpo (Figura 1.3 c). Finalmente, en el plano transversal u horizontal se definen los movimientos de rotación interna y externa, además de rotación derecha e izquierda (Figura 1.3 d).

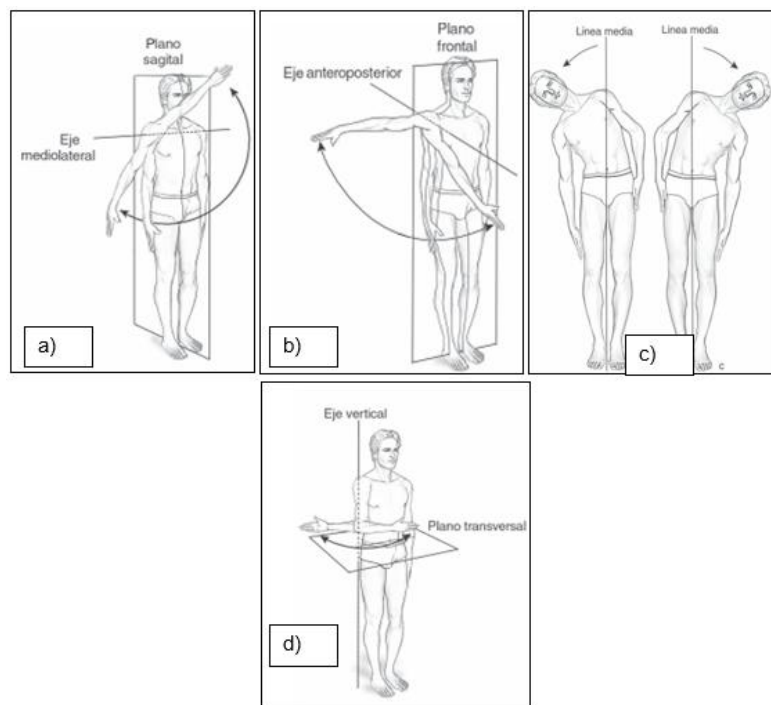


Figura 1.3 Movimientos según el plano a) plano sagital: flexión-extensión, b) plano frontal: abducción y aducción, c) inclinación del raquis lateral o izquierda, d) plano transversal: rotación derecha o izquierda.

Fuente: (Taboadela, 2007)

En el caso del sector eléctrico se evidencian investigaciones con respecto a la postura adoptada por trabajadores, donde Moriguchi et al., 2013, analizó las posturas incómodas en construcciones, específicamente en instalaciones eléctricas, la cual concluye que las elevaciones de brazos acompañadas de flexión y extensión requieren mejoras ergonómicas. Por su parte, en el año 2022, Gallagher et al., analizó posturas combinadas durante 8 tareas de manipulación de cables con diferente peso identificando cambios en la columna.

En Latinoamérica, las identificaciones ergonómicas en el sector eléctrico destacan por realizarse por métodos de observación o encuestas. En el año 2014 Cuadro et al., identificaron problemas frecuentes que presenta el área de mantenimiento de redes eléctricas en Barranquilla con respecto a la aplicabilidad de criterios técnicos de confort en ergonomía mediante fichas de observación sistemática. Por otra parte, en Ecuador. Solo se encuentra una investigación realizada con respecto a la evaluación de riesgos ergonómicos en el sector eléctrico para los trabajadores de mantenimiento de líneas eléctricas realizados en alturas superiores a 1.80 (m) (Quinatoa Toapanta, 2018).

Adicional a ello, en el Estudio de los riesgos laborales ergonómicos en el área de distribución de una empresa del sector Eléctrico (Bermúdez Moreira, 2019) se indicó la falta de información con respecto a las investigaciones ergonómicas para personal de

mantenimiento de líneas eléctricas conocidos como linieros, ya que no se ha realizado protocolos y guías para la realización de tareas específicas en el mantenimiento de redes eléctricas sin tensión encaminadas a criterios técnicos ergonómicos.

Con respecto al insumo principal para las evaluaciones ergonómicas, las cuales suelen ser las fotografías y videos, no se encuentran investigaciones o proyectos que involucren el uso de drones, solo se han encontrado notas técnicas de prevención en la cual se utiliza el dron para la inspección de una línea eléctrica aérea (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) et al., 2024) con fines de identificar peligros y gestión de riesgos para el operador del dron.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

Para validar el uso de drones como herramienta para la recolección de información ergonómica, se definieron cuatro fases, las cuales se encuentran en la Figura 2.1. Esto se realizó con el objetivo de comprobar qué tan útil es un dron en aquellos puestos de difícil acceso para generar insumos visuales que permitan la angulación de los segmentos corporales en los procesos de evaluación de riesgo por posturas forzadas.

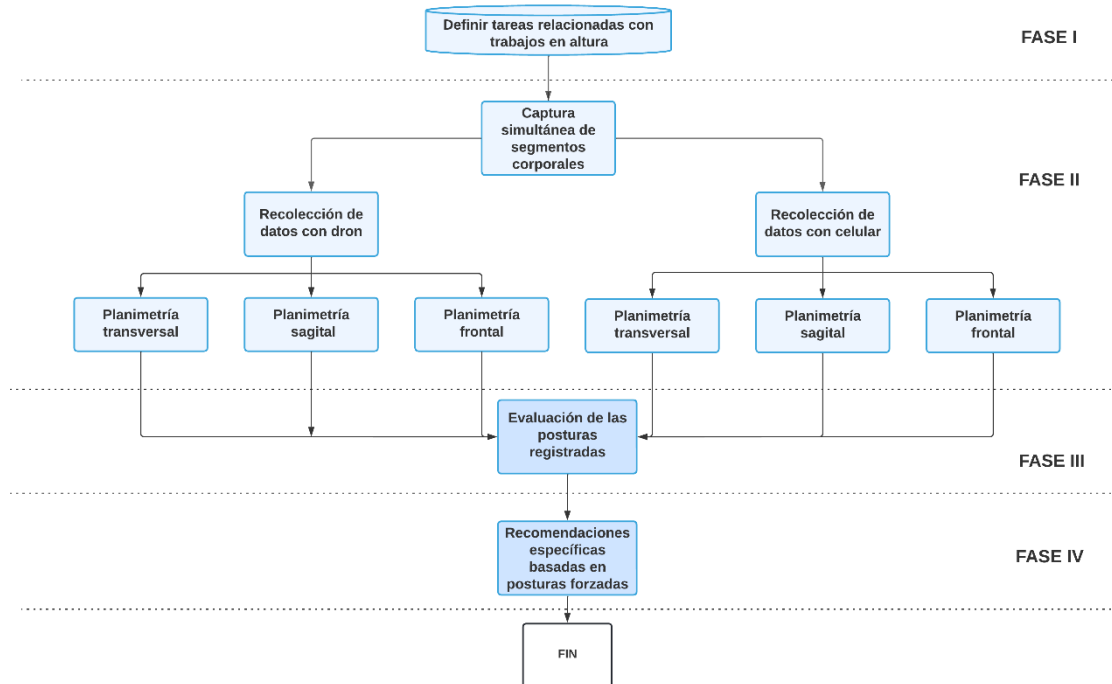


Figura 2.1 Metodología aplicada al proyecto

Fuente y elaboración propia

En este análisis, se consideraron tanto los segmentos corporales generales, como el tronco, cuello y extremidades, los cuales proporcionan una visión global de la postura del trabajador, además de los segmentos corporales cortos, que incluyen áreas más específicas como la muñeca, el antebrazo o la rotación del cuello.

En la Figura 2.2 se observa la zona de estudio, la cual se estableció entre las provincias de Guayas y Los Ríos.

Adicional a ello, el trabajo se realizó en la provincia del Guayas, en condiciones climáticas características de la región costera, con temperaturas promedio de 27 °C y una presión atmosférica de 1005 hPa durante los meses de octubre a enero.

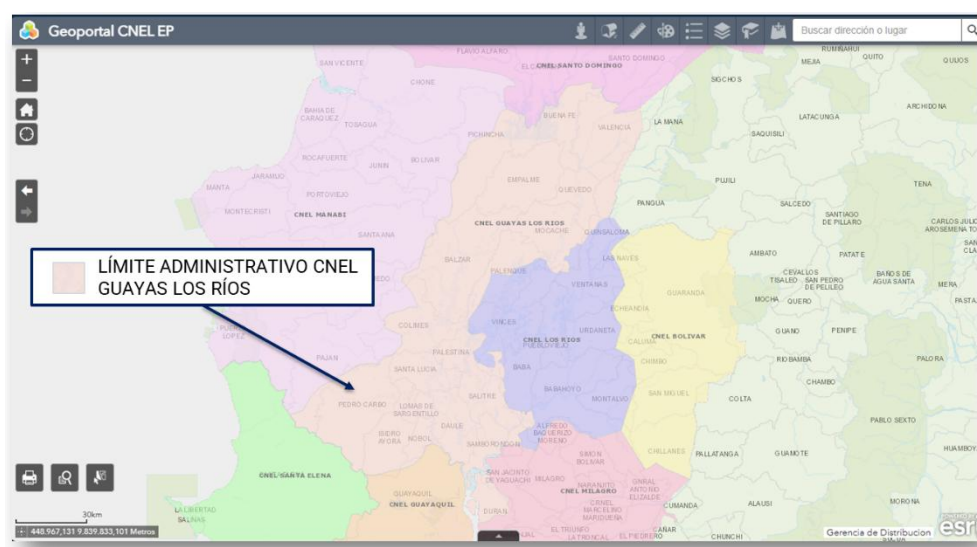


Figura 2.2 Zona de estudio

Fuente: Geoportal CNELEP

2.1 Definir puesto de difícil acceso vinculado a trabajos en altura y sus procedimientos

Se identificaron los puestos de trabajo de difícil acceso en el sector eléctrico, los cuales están asociados a tareas en altura, específicamente superiores a 1.80 m. Estos puestos corresponden a la categoría de Técnico de Mantenimiento 2, quienes desempeñan actividades como el cambio de estructuras (crucetas), instalación de aisladores, construcción de redes, alumbrado público, conexión de nuevos servicios, mantenimiento de redes y transformadores, control de energía y retiro de medidores. Antes de ejecutar estas labores, se llevan a cabo una serie de actividades previas, las cuales incluyen:

- Desconexión de corte visible de los arranques principales
- Bloquear la fuente de conexión o retiro de los cartuchos portafusibles
- Verificar ausencia de tensión en los puntos de trabajo.
- Instalar o aterrizar puesta a tierra en los puntos de trabajo.
- Señalización y delimitación de la zona de trabajo.

2.2 Levantamiento de información planos generales y cortos

En base a la goniometría (Taboadela, 2007) utilizando diferentes planos como sagital, frontal o transversal se identificarán diferentes movimientos. Mediante plano frontal/coronal, el cual divide el cuerpo en dos partes, una anterior y posterior, se analizó movimientos de abducción, e inclinación lateral del raquis. Adicional a ello, mediante plano sagital, el cual divide el cuerpo en dos mitades, una derecha y la otra izquierda, se obtuvo información lateral de los movimientos de flexión y extensión.

En la Tabla 1 se presentan los principales planos que serán registrados de manera simultánea mediante un dron, equipado con su respectiva cámara, y un teléfono celular con cámara. Las especificaciones técnicas de ambos dispositivos se detallan en el Anexo A y Anexo B. Estos instrumentos serán utilizados para capturar fotografías y videos del trabajador mientras ejecuta sus labores en puestos de difícil acceso dentro del sector eléctrico.

Tabla 1
Goniometría aplicada para angular movimientos en los planos frontal, sagital y transversal

Planimetría	Descripción	Instrumento para levantar información	Situación / Posición
Frontal	Movimientos de aducción y abducción.	Dron	Situación real con captura de imágenes aéreas (posicionamiento aéreo)
		Cámara fotográfica	Situación real con capturas de imágenes desde la superficie (posicionamiento tradicional)
Sagital	Movimientos de flexión y extensión.	Dron	Situación real con captura de imágenes aéreas (posicionamiento aéreo)
		Cámara fotográfica	Situación real con capturas de imágenes desde la superficie (posicionamiento tradicional)
Frontal	Inclinación lateral derecha e inclinación lateral izquierda.	Dron	Situación real con captura de imágenes aéreas (posicionamiento aéreo)
		Cámara fotográfica	Situación real con capturas de imágenes desde la superficie (posicionamiento tradicional)

Fuente y elaboración: Propia

El método de medición que se seleccionó fue el Método del cero neutro, adoptado por la Asociación Médica Americana (AMA: American Medical Association) (Taboadela, 2007), el cual considera la posición 0 o posición neutral.

La técnica de medición constó de:

- Posición del examinado en el plano a medir.
- Alineación de los reparos óseos a medir.
- Medición del arco de movimiento articular mediante herramientas digitales.
- Registro de la medición.
- Comparación con valores normales establecidos por ángulos de confort

2.3 Recolección simultánea de datos con dron y cámara celular

Para la captura de datos durante las tareas de mantenimiento en altura, se utilizó simultáneamente un dron y una cámara celular. El dron fue utilizado para capturar fotografías y videos en tiempo real, posicionándose en los planos de referencia sagital, frontal y transversal, así como en planos cortos de los segmentos corporales más sobrecargados. La medición del arco de movimiento articular mediante el uso de software.

Los segmentos corporales capturados con el dron incluyeron: cabeza, cuello, tronco, muñeca, extremidades superiores e inferiores. Simultáneamente, se tomaron fotografías con una cámara celular desde el nivel del suelo, enfocando al trabajador en altura. Esta metodología presentó la limitante inherente de la perspectiva desde el suelo, que puede afectar la precisión de la captura de los segmentos corporales.

Los segmentos corporales capturados con la cámara celular fueron también: cabeza, cuello, tronco, muñeca, extremidades superiores e inferiores.

2.4 Comparación de datos mediante técnicas goniométricas, ángulos de confort y evaluación de posturas adoptadas

Se comparó la calidad y precisión de la información ergonómica obtenida mediante drones con la recopilada por métodos tradicionales, como el uso de una cámara celular desde el nivel del suelo, empleando tablas de referencia para evaluar la limitación funcional y los ángulos de confort. Debido a la ausencia de tablas nacionales en Ecuador, se adoptó la Tabla de Evaluación de Incapacidades Laborales del Decreto N.º 659/96 de la República de Argentina (Taboadela, 2007), respaldada por consenso científico.

Asimismo, se incorporó la evaluación de posturas utilizando el método REBA, con el propósito de cuantificar el nivel de riesgo asociado a las posturas forzadas. Para ello, se analizó imágenes capturadas tanto con dron como con cámara desde el suelo, permitiendo una comparación de precisión y calidad en la identificación de posturas críticas.

Grupo A

Para evaluar las posturas adoptadas en el Grupo A según la metodología REBA, se consideró la angulación del tronco, la cual se determinó utilizando el eje del tronco. Este eje se define como la línea que conecta el punto cervical con el punto trocantéreo, permitiendo analizar la inclinación del tronco en relación con los segmentos corporales superiores. Además, esta referencia fue utilizada para evaluar la angulación del brazo y antebrazo (INEN, 2014).

- **Tronco**

Se identificó los movimientos de flexión y extensión con respecto al plano frontal, tal y como se observa en el Figura 2.3 b), por su parte en la Figura a) se observa la inclinación lateral (derecha o izquierda) en relación con el plano sagital. En la Tabla 2. se presentan los ángulos de confort, considerando posturas y movimientos forzados cuando la flexión o inclinación supera los 10° (Álvarez-Casado et al., n.d.).

Tabla 2
Ángulos de limitación funcional y de confort del raquis dorsolumbar y tronco

Segmento corporal	Movimiento	Ángulo normal basado en la limitación funcional	Ángulos de confort
Tronco y Raquis dorsolumbar	Flexión	0-80° (AAOS)	0-20°
	Extensión	0-30° (AO) 0-30° (AAOS)	0-20°
	Inclinación lateral derecha	0-30°/40° (AO) 0-35° (AAOS)	0-10°
	Inclinación lateral izquierda	0-30°/40° (AO) 0-35° (AAOS)	0-10°
	Rotación derecha	-	0-10°
	Rotación izquierda	-	0-10°

Fuente: (Álvarez-Casado et al., n.d.; Taboadela, 2007)

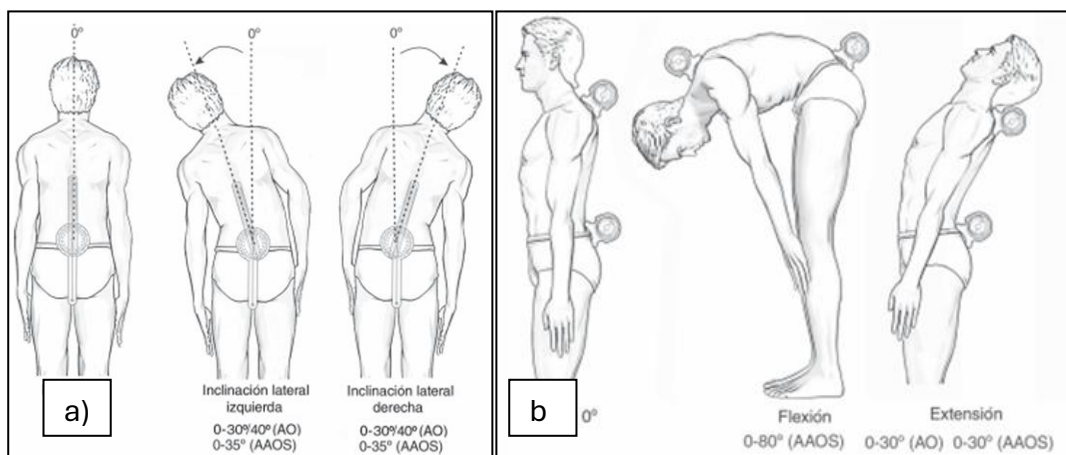


Figura 2.3 Movimiento de inclinación lateral e izquierda, además de flexión y extensión del raquis dorsolumbar y tronco

Fuente: (Taboadela, 2007)

En cuanto al procedimiento para realizar la evaluación adoptada por el trabajador, la metodología REBA asigna al tronco su puntuación en función de 4 clases según su ángulo de flexión o extensión, mencionada puntuación se encuentra en la Tabla 3.

Tabla 3
Puntuación del tronco según la metodología REBA

Puntuación del tronco según la metodología REBA		
Movimiento	Puntuación	Cambio en la puntuación
Erguido	1	+1 si el tronco se encuentra girado o inclinado hacia un lado
0°- 20° flexión	2	
0 - 20° extensión	3	
20°- 60° flexión		
> 20° extensión		
> 60° flexión	4	

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

- **Cabeza y cuello**

Se definió como postura forzada la flexión del cuello superior a 40°, la cual se presentó cuando la cabeza se inclinó hacia adelante, aproximando la barbilla al pecho. De igual manera, se consideró postura forzada la inclinación lateral del cuello superior a 10°, que ocurrió cuando la cabeza se inclinó hacia alguno de los lados, ya sea derecho o izquierdo, superando dicho ángulo.

En la Tabla 4 así como en la Figura 2.4 se presentan los criterios angulares establecidos para la evaluación de las posturas de cuello.

Tabla 4
Ángulos de limitación funcional y de confort del raquis cervical y cuello

Segmento corporal	Movimiento	Ángulo normal basado en la limitación funcional	Ángulos de confort
Raquis Cervical	Flexión cervical	0-35°/45° (AO) 0-45° (AAOS)	0-20°
	Extensión cervical	0-35°/45° (AO) 0-45° (AAOS)	0
	Laterización	-	0-10°
	Giro Rotación o Torsión	-	0-45°

Fuente: (Álvarez-Casado et al., n.d.; Taboadela, 2007)

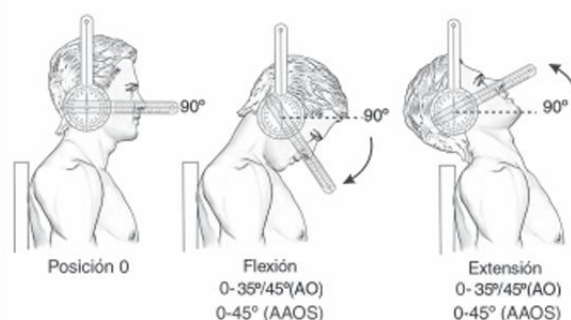


Figura 2.4 Flexión-extensión cervical a partir de la posición 0

Fuente: (Taboadela, 2007)

Para la evaluación del cuello según la metodología REBA, se consideró: flexión/extensión e inclinación. La flexión y extensión del cuello se midieron en el plano sagital, tomando como referencia la posición neutra de la cabeza y su desviación hacia adelante o atrás. Por otro lado, la inclinación se evaluó en el plano frontal, analizando la inclinación lateral del cuello con respecto al eje del tronco. Las puntuaciones asignadas se observan en la Tabla 5.

Tabla 5
Puntuación del Cuello según la metodología REBA

Movimiento	Puntuación	Cambio en la puntuación
0°- 20° flexión	1	+1 si la cabeza se encuentra girado o inclinado hacia un lado
>20° flexión, o extensión	2	

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

- **Piernas**

Para evaluar la postura de las extremidades inferiores, específicamente las piernas, se consideró su alineación y ángulos articulares en función del soporte y estabilidad durante la tarea. En la Figura 2.5 se observa la cadera y la rodilla, donde se analizó aspectos como la flexión de rodillas, la distribución del peso y la simetría de apoyo, ya que estos factores influyen en la carga biomecánica y el riesgo ergonómico. En la Tabla 8 se detallan los ángulos de confort y de limitación funcional.

Tabla 6
Ángulos de limitación funcional y de confort del codo

Segmento corporal	Movimiento	Ángulo normal basado en la limitación funcional	Ángulos de confort
Rodilla	Flexión de pie	0-150° (AO) 0-135° (AAOS)	Inferior a 135°
	Flexión sentada	0-150° (AO) 0-135° (AAOS)	Inferior a 40°

Fuente: (Álvarez-Casado et al., n.d.; Taboadela, 2007)

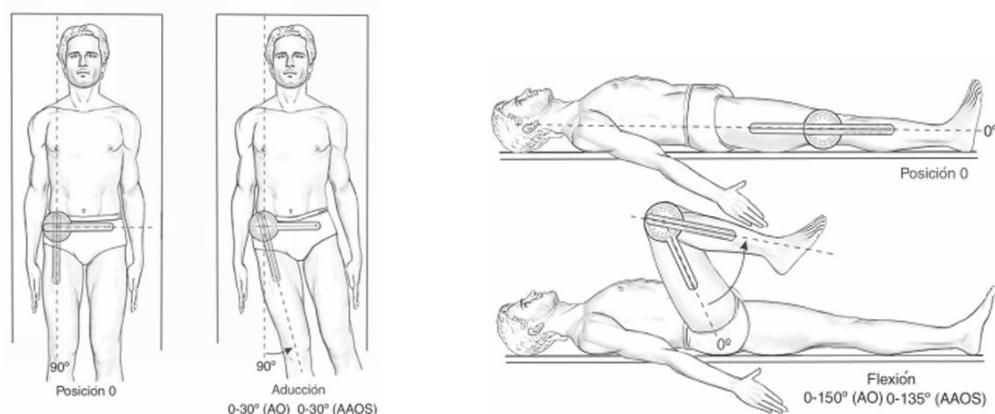


Figura 2.5 Inclinación de la cadera y flexión de la rodilla

Fuente: (Taboadela, 2007)

Para la evaluación mediante el método REBA, la puntuación fue asignada de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 7.

Tabla 7
Puntuación de las piernas según la metodología REBA

Movimiento	Puntuación	Cambio en la puntuación
0°- 20° flexión	1	+1 si las rodillas están en 30°- 60° de flexión.
>20° flexión, o extensión	2	+ 2 si rodillas están flexionadas >60° (excepto para sentado)

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

Grupo B

El Grupo B en la evaluación REBA incluye el análisis del brazo, antebrazo y muñeca, donde se evaluó su posición y rango de movimiento durante la ejecución de la tarea.

• Brazo

Se definió como postura forzada la flexión del hombro superior a 80°, que ocurrió cuando el brazo se alejó del tronco hacia adelante, superando dicho límite. En la Tabla 8, se observan los criterios angulares utilizados para identificar posturas forzadas en el segmento del hombro, los cuales fueron evaluados a partir de la información recolectada mediante el dron y el celular. Además, en la Figura 2.5, se ilustran las referencias anatómicas y los movimientos de flexión y abducción del hombro en plano frontal, las cuales sirvieron como guía para el análisis goniométrico de este segmento corporal.

Tabla 8
Ángulos de limitación funcional y de confort de articulación escapulohumeral y hombro

Segmento corporal	Movimiento	Ángulo normal basado en la limitación funcional	Ángulos de confort
Articulación escapulohumeral	Abducción	0-160°/180° (AO) 0-180° (AAOS)	0-80°
	Aducción	0-30° (AO) 0° (AAOS)	Condición
	Flexión	0-150°/170° (AO)	0-80°

Segmento corporal	Movimiento	Ángulo normal basado en la limitación funcional	Ángulos de confort
		0-180° (AAOS)	
	Extensión	0-40° (AO) 0-60° (AAOS)	-

Fuente: (Álvarez-Casado et al., n.d.; Taboadela, 2007)

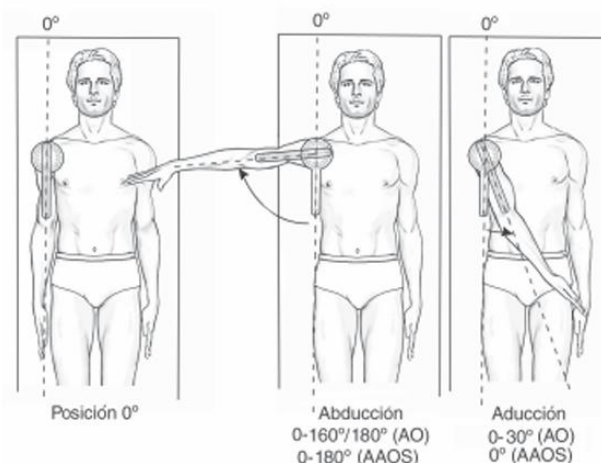


Figura 2.6 Abducción y aducción de la articulación escapulohumeral derecha

Fuente: (Taboadela, 2007)

Con respecto a la evaluación según REBA, se asignó la siguiente puntuación de acuerdo a los criterios de la Tabla 9.

Tabla 9
Puntuación del brazo según la metodología REBA

Movimiento	Puntuación	Cambio en la puntuación
Erguido	1	+1 si el brazo se encuentra abducido o rotado.
20° flexión a 20° extensión	2	
> 20° extensión 20°- 45° flexión	3	+1 si el hombro está elevado
> 90° flexión	4	-1 si el brazo está apoyado o ayudado por la gravedad.

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

- **Codo y antebrazos**

Se consideró como postura forzada la flexo-extensión del codo a 60°, definida como los movimientos amplios del codo que separan el brazo del antebrazo y posteriormente los vuelven a acercar, superando este rango angular.

En la Tabla 10, se especifican los criterios goniométricos para identificar posturas forzadas en el segmento del codo. Adicionalmente, en la Figura 2.6, se muestran las referencias anatómicas del codo y antebrazo que permitió delimitar el rango de análisis y establecer los parámetros de evaluación.

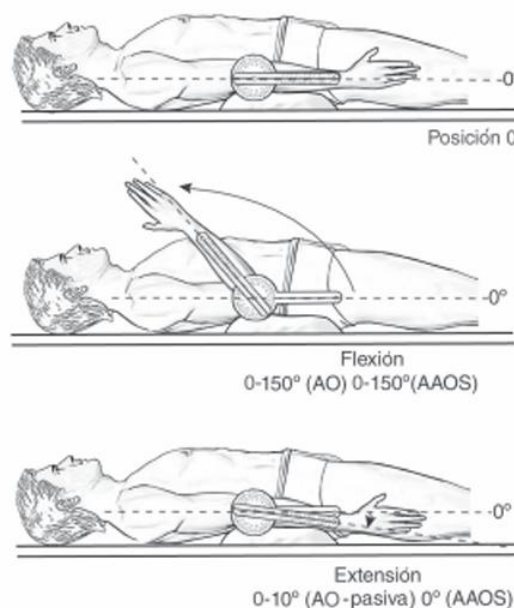


Figura 2.7 Flexión-extensión del codo derecho a partir de la posición 0

Fuente: (Taboadela, 2007)

Tabla 10
Ángulos de limitación funcional y de confort del codo

Segmento corporal	Movimiento	Ángulo normal basado en la limitación funcional	Ángulos de confort
Codo	Flexión	0-150° (AO) 0-150° (AAOS)	60°-100°
	Extensión	0-10° (AO Pasiva) 0° (AAOS)	0-20°

Fuente: (Álvarez-Casado et al., n.d.; Taboadela, 2007)

En la Tabla 11 se detalla la puntuación asignada al antebrazo para la evaluación mediante REBA.

Tabla 11
Puntuación asignada al antebrazo según la metodología REBA

Movimiento	Puntuación
60°- 100° flexión	1
Inferior a 60° flexión, >100° extensión	2

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

- **Muñeca**

Las posturas forzadas de la muñeca ocurren cuando esta adopta posiciones extremas de flexión, extensión o desviación lateral, aumentando el riesgo de trastornos musculoesqueléticos. En la Tabla 12 se detallan los ángulos de confort y límite funcional, así como su descripción gráfica en la Figura 2.7.

Tabla 12
Ángulos de limitación funcional y de confort del codo

Segmento corporal	Movimiento	Ángulo normal basado en la limitación funcional	Ángulos de confort
Muñeca	Flexión	0-50°/60° (AO) 0-80° (AAOS)	0-45°
	Extensión	0-35°/60° (AO) 0-70° (AAOS)	0-45°
	Desviación radial	0-25°/30° (AO) 0-20° (AAOS)	0-20°

Fuente: (Álvarez-Casado et al., n.d.; Taboadela, 2007)

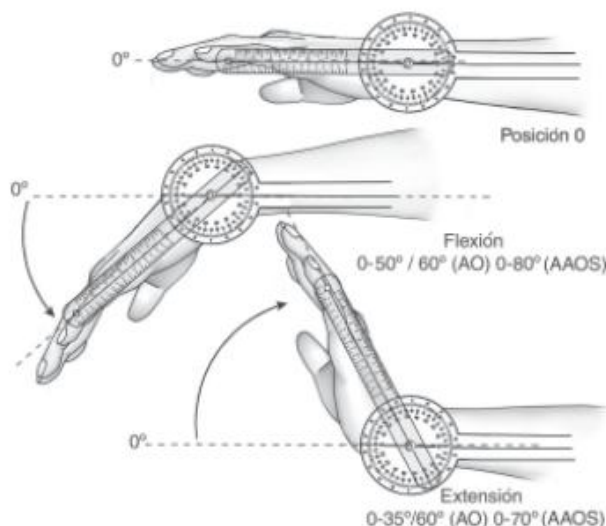


Figura 2.8 Extensión y flexión de la muñeca a partir de la posición 0

Fuente: Taboadela, 2007

En el análisis REBA, se evalúan estos ángulos para determinar el nivel de exigencia ergonómica de la tarea. En particular, se considera una postura forzada cuando la desviación lateral de la muñeca supera los 20°, lo que puede incrementar la fatiga muscular y el riesgo de lesiones en el tiempo.

Tabla 13
Puntuación de la muñeca según la metodología REBA

Movimiento	Puntuación
0°- 15° flexión/extensión	1
>15° flexión/extensión	2

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

Cálculo de las puntuaciones de los Grupos A, B, C

Las puntuaciones obtenidas para los distintos segmentos corporales de los Grupos A y B se trasladan a las tablas correspondientes para calcular la puntuación final de cada grupo, tal y como se observa en la Figura 2.9 y Figura 2.10.

Tronco	Cuello												Piernas
	1				2				3				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6	
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7	
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8	
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9	
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9	

Figura 2.9 Cálculo de la puntuación final del Grupo A

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

Brazos	Antebrazos						Muñecas
	1			2			
	1	2	3	1	2	3	
1	1	2	2	1	2	3	
2	1	2	3	2	3	4	
3	3	4	5	4	5	5	
4	4	5	5	5	6	7	
5	6	7	8	7	8	8	
6	7	8	8	8	9	9	

Figura 2.10 Cálculo de la puntuación final del Grupo B

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

Además, en la metodología se consideró la actividad muscular implicada, la calidad y eficacia del agarre con la mano, así como la fuerza aplicada durante la ejecución de la tarea. La asignación de la puntuación correspondiente a la fuerza ejercida se realizó con base en la Tabla 15 y sumó a la puntuación final del Grupo A, mientras que la Tabla 16 se utilizó para evaluar el acoplamiento de la mano o del cuerpo con la carga y se sumó a la puntuación final del Grupo B.

Tabla 14
Puntuación de la carga o fuerza realizada

0	1	2	+1
< 5 Kg	5 – 10 Kg	>10 Kg	Sacudidas o aumento rápido de la fuerza

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

Tabla 15
Puntuación del acoplamiento de la mano o del cuerpo con la carga

0 Bueno	1 Regular	2 Malo	3 Inaceptable
Agarre bien adaptado.	Agarre aceptable pero no ideal.	Agarre no aceptable aunque posible.	Forzado, agarre peligroso.

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

Con respecto a la puntuación C, esta se obtuvo mediante la Figura 2.10, donde se ubicó las puntuaciones A y B.

		PUNTUACIÓN B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P U N T U A C I Ó N A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Figura 2.11 Cálculo de la puntuación C

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

Adicional a ello, a partir de la Figura 2.11 se obtiene la puntuación REBA, incorporando, si corresponde, la puntuación asignada a la actividad muscular expresada en la Tabla 16.

Tabla 16
Puntuación correspondiente a la actividad según la metodología REBA

+1	Si las partes del cuerpo mantienen estatismo por más de 1 minuto.
+1	Acciones repetidas por más de 4 veces/min.
+1	Cambios bruscos de posturas o en una base inestable.

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

En la Figura 2.12 se resume el proceso de obtención de la puntuación de la evaluación REBA.

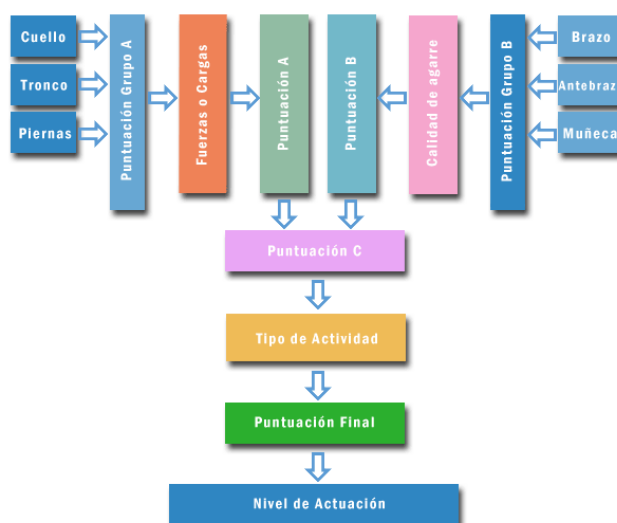


Figura 2.12 Resumen de esquema de puntuaciones REBA

Fuente: (UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA, n.d.)

De la puntuación REBA se obtuvieron los niveles de riesgo correspondientes al momento evaluado. Específicamente, se identificaron dos niveles de riesgo para la misma actividad, utilizando como insumo visual las fotografías y videos capturados con el dron y la cámara del celular de manera simultánea.

Finalmente, la puntuación final obtenida refleja el nivel de riesgo al que está expuesto el trabajador: un valor de 1 indica un riesgo mínimo, mientras que un valor de 15 representa un riesgo extremadamente alto. Estas puntuaciones se clasifican en cinco rangos, cada uno asociado a un Nivel de Actuación específico. En la Tabla 17 se detallan estos niveles, los cuales definen el grado de riesgo y proponen acciones correctivas para mejorar la postura evaluada.

Tabla 17
Niveles de actuación según la puntuación final del método REBA

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: (UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA, n.d.)

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Conforme al Capítulo 2, se presentan a continuación los resultados obtenidos, enfocados en validar el uso de drones para la recolección de información ergonómica en trabajos de altura en el sector eléctrico. Estos resultados buscan mejorar la precisión en la evaluación de posturas forzadas y optimizar la calidad de los insumos visuales utilizados para el análisis ergonómico.

3.1 Definir puestos de difícil acceso vinculados a trabajos en altura y sus procedimientos

Los trabajadores analizados ocuparon el puesto de Técnico 2 de mantenimiento de redes de distribución eléctrica, desempeñando tareas en altura que implicaban desafíos ergonómicos y dificultades de acceso. Dentro de las actividades evaluadas, se identificaron dos procedimientos clave:

- Cambio de aisladores tipo pin.
- Cambio de estructuras o crucetas.

Estos procedimientos se ejecutaron en postes de distribución eléctrica y comparten movimientos y posturas similares debido a la naturaleza de sus tareas en común (Figura 3.1). En muchos casos, el cambio de estructuras requiere previamente el reemplazo de los pernos tipo pin, mientras que, en otras situaciones, solo se sustituye el perno sin modificar la estructura. Por esta razón, ambos procesos están intrínsecamente relacionados y fueron considerados dentro del análisis ergonómico.



Figura 3.1 Pernos tipo Pin en una estructura o cruceta
Fuente y elaboración propia

Las condiciones laborales estuvieron influenciadas por factores ambientales y organizacionales. Los técnicos operaron a alturas superiores a 1.80 metros, accediendo a los puntos de intervención mediante escaleras y equipos de seguridad. Las tareas se realizaron bajo temperaturas promedio de 25 a 31 °C y presiones atmosféricas de aproximadamente 1013 hPa, propias de la provincia del Guayas en los meses de octubre a enero. Estas condiciones climáticas, junto con la exposición prolongada al sol y la humedad, contribuyeron a la fatiga laboral.

En términos de planificación, las actividades fueron programadas con anticipación, ya que las desconexiones de la red eléctrica fueron autorizadas por un período máximo de

tres horas. Dentro de este tiempo, los técnicos debían completar las labores asignadas y retirar los materiales en mal estado para su disposición en los puntos establecidos.

3.2 Procedimiento de cambio de aisladores

El cambio de aisladores tipo pin es una de las actividades más frecuentes y tiene una duración promedio de 15 minutos por aislador, dependiendo de las condiciones climáticas y la experiencia del personal. Para su ejecución, se cuenta con un período de desconexión aprobado de 3 horas, durante el cual el equipo organiza las actividades planificadas y retira los materiales en mal estado de los puntos intervenidos, tal y como se observa en la Figura 3.1.

Las condiciones del puesto de trabajo, así como consideraciones ergonómicas se describen a continuación:

- Espacio: Se trabajó en alturas mayores a 1.80 metros, generalmente sobre postes de distribución. Los espacios suelen ser reducidos y requieren equilibrio constante.
- Herramientas empleadas: se utilizó pértigas, alicates universales, llaves expansivas y sistemas de puesta a tierra temporal.
- Equipos de protección personal: Los trabajadores emplearon, fajas de seguridad, guantes dieléctricos y cascos para garantizar la protección durante las tareas.
- El trabajo involucra la adopción de posturas incómodas de los segmentos corporales el tronco, cuello y las piernas, especialmente durante el manejo de herramientas. Adicional a ello, no se tiene en consideración pausas.

En la Tabla 18 se detalla de manera técnica el procedimiento del cambio de aisladores tipo Pin.

Tabla 18
Procedimiento de cambio de aislador tipo PIN

	Tarea / Actividad	Herramientas Empleadas
1	Instalación de la puesta a tierra temporal en el poste antes y después del aislador tipo pin.	Pértiga, sistema de puesta a tierra temporal.
2	Inspección y preparación del aislador tipo pin a reemplazar.	Alicate universal, llave expansiva.
3	Ascenso al punto de trabajo por parte del liniero.	Escalera, faja de seguridad.
4	Liberación del aseguramiento del conductor de la línea en el aislador deteriorado.	Alicate universal, llave expansiva.
5	Descenso del conductor del aislador y aseguramiento temporal para su manipulación.	Pértiga, alambre de amarre.
6	Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo.	Llave expansiva, alicate universal.
7	Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta.	Pértiga, aislador tipo pin nuevo, alambre de amarre.
8	Reinstalación del conductor sobre el nuevo aislador y ajuste mediante entizamiento.	Pértiga, alambre de amarre, alicate universal.
9	Descenso del liniero y verificación de la correcta instalación y aseguramiento del aislador.	Faja de seguridad, sistema de puesta a tierra temporal.

Fuente (UETD, 1967)
Elaboración propia

Dentro del procedimiento de cambio de pernos tipo pin, cada actividad presenta particularidades específicas en los movimientos de los segmentos corporales generales y cortos. Sin embargo, estos movimientos son en su mayoría similares a lo largo del proceso, diferenciándose principalmente en la inclinación del tronco y el posicionamiento de la cadera.

En la Figura 3.2 a) se observa cómo, durante la tarea "6. Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo", el tronco se inclina completamente hacia la derecha o izquierda, acompañado de una abducción en la misma dirección. En contraste, en la tarea "7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta", el trabajador adopta una postura de descanso con el tronco prácticamente erguido.

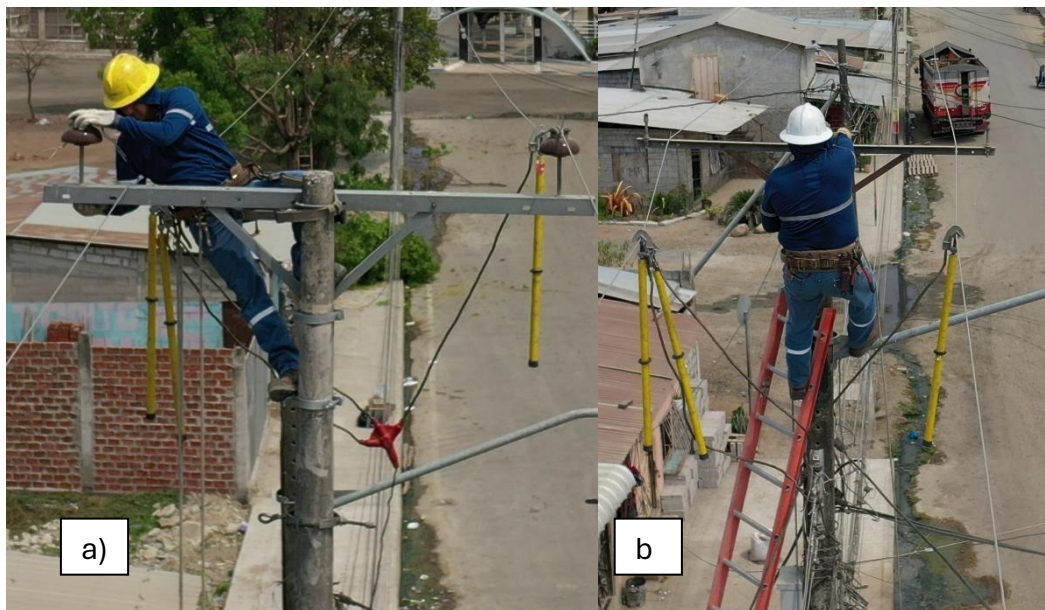


Figura 3.2 Procedimiento de colocación y cambio de pernos tipo PIN, a) Desmontaje del aislador perno tipo pin; b) Postura de reposo del trabajador mientras espera la entrega del nuevo perno tipo pin para su instalación en la cruceta.

Fuente y elaboración propia

Debido a estas diferencias, se seleccionaron dos tareas con menor asimetría, consideradas las más representativas del proceso de cambio de pernos tipo pin, especialmente en lo que respecta a la inclinación del tronco, piernas, hombros y la abducción de la cadera. Mencionadas tareas que fueron analizadas y evaluadas son:

- Tarea 6. Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo.
- Tarea 7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta.

3.3 Procedimiento de cambio de crucetas y soportes

Al igual que en el cambio de pernos tipo pin, los movimientos corporales durante el reemplazo de crucetas y soportes presentaron particularidades, aunque en su mayoría son similares. Sin embargo, en la Figura 3.3 se aprecian las diferencias más notables en la inclinación del tronco, la abducción de la cadera y la posición de las piernas, las cuales juegan un papel clave en la ejecución de estas tareas.



Figura 3.3 Procedimiento de cambio de crucetas y soportes, donde a) Tarea 7. Desmontaje de la cruceta dañada y su descenso; b) Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada

Fuente y elaboración propia

El cambio de crucetas y soportes es un procedimiento más complejo, con una duración aproximada de 20 minutos por cruceta completa. Este tiempo contempla el desmontaje de la estructura deteriorada, la instalación de la nueva y la reinstalación de los aisladores y soportes.

Desde la organización del trabajo, las actividades están planificadas de manera precisa dentro del período de 3 horas de desconexión aprobadas, optimizando el tiempo disponible para el retiro de materiales dañados y la ejecución de otras labores complementarias según sea necesario.

Las condiciones y consideraciones ergonómicas del puesto de trabajo incluyen:

- Espacio: Las tareas se realizan en alturas de entre 6 y 12 metros, utilizando escalas y sogas para manipular materiales pesados.
- Herramientas: Se emplean poleas manuales, llaves expansivas y martillos para garantizar la correcta instalación de las crucetas.
- Materiales: Las crucetas o estructuras son de metal galvanizado para garantizar su durabilidad y resistencia a la corrosión.
- Trabajo que requiere el uso constante de los brazos y la espalda baja.

En la Figura 3.4 y Tabla 19 se describe el procedimiento del cambio de cruceta:

Tabla 19
Procedimiento del cambio de cruceta (estructura metálica)

	Procedimiento	Herramientas Empleadas
1	Instalación de la puesta a tierra temporal en el	Pértiga, sistema de puesta a tierra temporal.

	Procedimiento	Herramientas Empleadas
	poste antes y después del área de trabajo.	
2	Inspección de la cruceta y los soportes para identificar daños o deterioros.	Llave expansiva, alicate universal.
3	Ascenso del liniero al punto de trabajo.	Escalera, faja de seguridad.
4	Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada.	Pértiga, alambre de amarre.
5	Desmontaje de los aisladores y accesorios montados en la cruceta para su reutilización o reemplazo.	Alicate universal, llave expansiva, destornillador.
6	Retiro de los pernos y fijaciones que aseguran la cruceta al poste.	Llave expansiva, martillo.
7	Desmontaje de la cruceta dañada y su descenso.	Polea manual, cuerda de nylon.
8	Instalación de la nueva cruceta y ajuste con pernos al poste.	Cruceta nueva, pernos de anclaje, llave expansiva.
9	Montaje de los soportes nuevos o reutilizados, asegurándolos a la cruceta.	Soportes, pernos, llave expansiva.
10	Reinstalación de los aisladores y aseguramiento de los conductores en la nueva cruceta.	Pértiga, alicate universal, alambre de amarre.
11	Tensión y ajuste final de los conductores sobre la nueva cruceta.	Pértiga, equipo tensor.
12	Descenso del liniero y verificación de la correcta instalación de la cruceta y soportes.	Faja de seguridad, sistema de puesta a tierra temporal.

Fuente (UETD, 1967)

Elaboración propia

En complemento a las actividades previamente analizadas en el cambio de pernos tipo pin, en la Figura 3.3 a) se observa la tarea de "7. Desmontaje de la cruceta dañada y su descenso", en la que los trabajadores adoptan posturas con una distribución diferente del apoyo en las piernas en comparación con otras actividades. Asimismo, se seleccionó la tarea "4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada" (Figura 3.3 b), debido a su relevancia en el proceso de reemplazo.



Figura 3.4 Cambio de crucetas y soportes

Fuente y elaboración propia

Por lo tanto, las tareas que fueron analizadas y evaluadas mediante REBA son:

- Tarea 7. Desmontaje de la cruceta dañada y su descenso.
- Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada.

3.4 Levantamiento de información simultánea de planos generales con dron y celular

Se realizó el levantamiento simultáneo de información de planos generales utilizando un dron Mavic 2 Pro y un teléfono celular Samsung S21. Durante la captura de imágenes, se observó que el uso del celular generó un efecto de paralaje, debido a que el trabajador se encontraba a 1.80 m del suelo, es decir, a un nivel diferente respecto al dispositivo de captura. En contraste, el dron permitió posicionarse al mismo nivel del trabajador, eliminando esta distorsión y obteniendo una perspectiva más precisa para el análisis postural.

Las grabaciones de video realizadas con el dron, a una tasa de 30 fotogramas por segundo, permitieron obtener un total de 36,000 fotogramas en 60 minutos de grabación. Este amplio conjunto de datos fue clave para el análisis detallado de los movimientos corporales. A partir de estos registros y utilizando la goniometría (Taboadela, 2007), se identificaron diferentes posturas del trabajador en los planos sagital, frontal y transversal, las cuales se detallan en la Figura 3.5 y Figura 3.6.

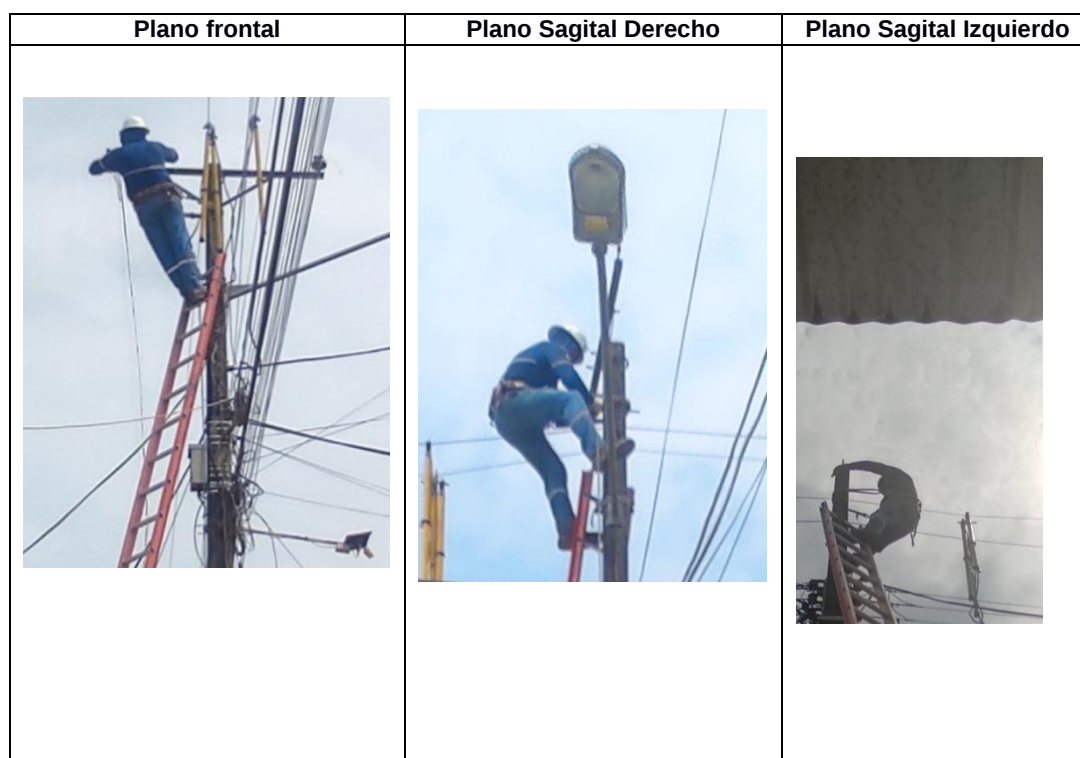


Figura 3.5 Planos generales obtenidos con celular a distinto nivel del trabajador
Fuente y elaboración propia

En el plano frontal, se analizaron movimientos de abducción e inclinación lateral del tronco y cuello, mientras que en el plano sagital derecho o izquierdo se obtuvieron datos sobre movimientos de flexión y extensión. La Figura 3.6 se resume los principales planos capturados.



Figura 3.6 Planos generales obtenidos con dron a la altura del trabajador
Fuente y elaboración propia

La Figura 3.5 y la Figura 3.6 se obtuvieron a partir de capturas fotográficas simultáneas realizadas con un dron y un celular, respectivamente. En estas figuras, se observó una clara diferencia entre las imágenes tomadas desde el suelo y aquellas capturadas con el dron. Las tomas desde el suelo presentaron variaciones en los ángulos que dificultaron la obtención de fotografías en verdadera magnitud, es decir, una representación fiel y proporcional de los planos generales. En contraste, el uso del dron permitió posicionar la cámara al mismo nivel del trabajador, lo que facilitó una representación más precisa de los segmentos corporales y evitó, en la mayoría de los casos, las distorsiones por oblicuidad que suelen ser una limitante en las fotografías tradicionales.

Mencionadas ventajas del dron, se apreció en los planos sagital derecho e izquierdo, donde la correcta alineación de la imagen es fundamental para evaluar posturas de manera confiable. Además, en entornos urbanos, la captura de imágenes con un teléfono celular se ve limitada por la presencia de viviendas y otras estructuras, que obstruyen la visibilidad en estos planos y dificultan la obtención de tomas limpias y alineadas. El dron, en cambio, permitió superar estas restricciones espaciales al ofrecer una vista despejada y ajustada a la altura de trabajo del operario.

3.5 Comparación de información capturada de manera simultánea con el dron y celular mediante técnicas goniométricas

Se realizó una comparación entre las imágenes capturadas de manera simultánea con el dron y el celular durante los procedimientos de cambio de pernos tipo pin y cambio de estructura. Desde el inicio del análisis, se evidenció una diferencia considerable en la precisión de las angulaciones obtenidas. Como se muestra en las Figuras 3.7 y 3.8, las mediciones del tronco y antebrazo permitieron identificar variaciones marcadas entre ambas metodologías, destacando que el uso del dron mejoró significativamente la apreciación de los segmentos corporales en todos los procesos. Esta mejora fue clave para evaluar su impacto en la precisión de una evaluación ergonómica final.

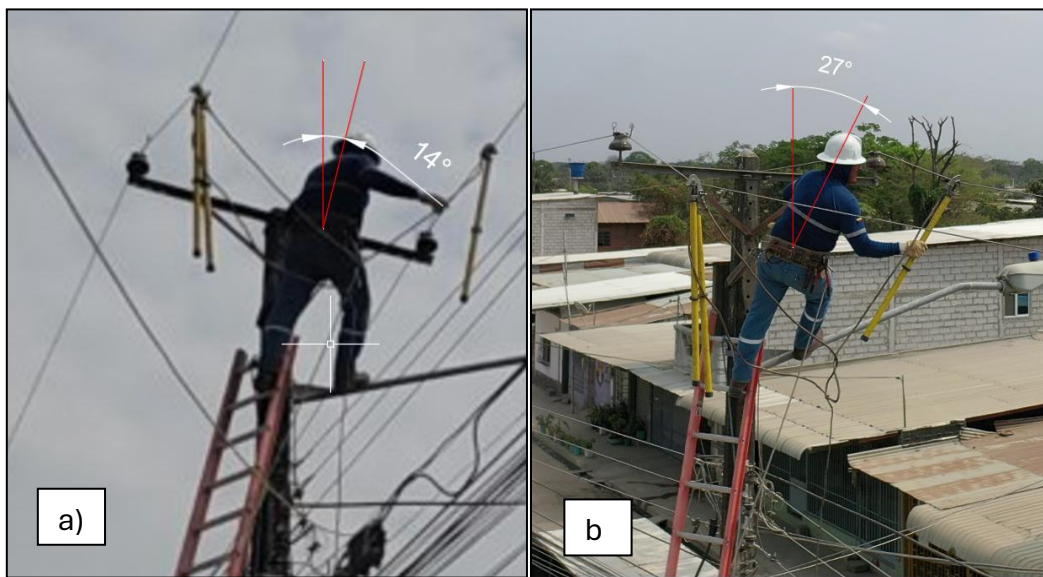


Figura 3.7 Imágenes capturadas mientras se realiza la puesta a tierra temporal a) Con cámara celular desde el nivel del suelo, b) Con dron a la altura del trabajo realizado

Fuente y elaboración propia



Figura 3.8 Imágenes capturadas mientras se realiza la puesta a tierra temporal a) Con cámara celular desde el nivel del suelo, b) Con dron a la altura del trabajo realizado

Fuente y elaboración propia

En la tarea 2 correspondiente a la instalación de la puesta a tierra temporal en el poste (Figura 3.7), antes y después del aislador tipo pin, se detectó una diferencia angular de 13° . Esta discrepancia se atribuyó principalmente a la paralaje generada por la fotografía capturada con el celular. Además, el posicionamiento de la cámara también influyó en la variación de los datos, ya que, al tratarse de un entorno cercano a viviendas como en la Figura 3.8 y Figura 3.9, la imagen tomada desde el suelo se vio obstruida por diversos objetos, incluida la línea secundaria de electricidad. Como resultado, la fotografía capturada con el celular presentó cierta oblicuidad.

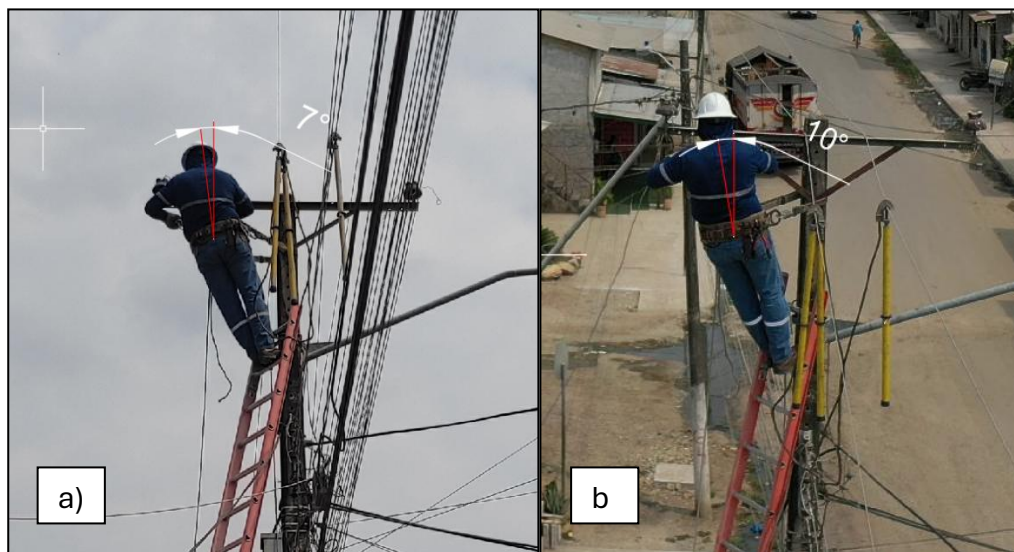


Figura 3.9 Imágenes capturadas mientras se realiza retiro de pernos a) Con cámara celular desde el nivel del suelo, b) Con dron a la altura del trabajo realizado

Fuente y elaboración propia

Por otro lado, el uso del dron permitió obtener imágenes más precisas de los segmentos corporales cortos, como la muñeca y el codo, reduciendo los efectos de la perspectiva y facilitando una evaluación ergonómica más confiable. Adicional a ello, en el Anexo C, se registró los valores de las angulaciones de los segmentos corporales del Grupo A y Grupo B, los cuales fueron evaluados mediante el método REBA.

3.6 Evaluación por el método REBA

Se evaluaron los planos sagitales derecho, sagital izquierdo y posterior del trabajador en aquellas actividades donde adoptó posturas fuera del rango de ángulos de confort ergonómico. Estas actividades fueron previamente seleccionadas en la sección 3.1, donde se definieron los puestos de difícil acceso vinculados a trabajos en altura y sus procedimientos.

3.6.1 Evaluación de la Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada

Se evaluó la postura del trabajador durante la liberación y descenso temporal de los conductores para el reemplazo de la cruceta. Esta tarea exige esfuerzo en tronco, brazos y hombros, afectando el equilibrio y aumentando el riesgo ergonómico, el cual se analizó mediante el método REBA.

Grupo A

Las puntuaciones del Grupo A se registraron en la Figura 3.10, donde el análisis del cuello mostró una mayor inclinación en las imágenes capturadas con dron (21°) en comparación con las tomadas con celular (15°). Además, la rotación/laterización fue más evidente en la vista posterior con dron (8°) frente a solo 1° con celular. La puntuación REBA para este segmento fue de 3 con dron y 1 con celular, lo que sugiere que la perspectiva del dron permitió detectar una mayor exigencia postural.

En el plano sagital derecho, el tronco presentó una inclinación de 25° con dron y 36° con celular, mientras que en el plano posterior la inclinación fue de 7° y 1° respectivamente. A pesar de que los valores con celular fueron ligeramente superiores, el dron permitió visualizar mejor la inclinación global del trabajador. La puntuación REBA fue de 3 para ambos casos, lo que indica un riesgo ergonómico moderado en esta zona.

Las piernas presentaron una diferencia significativa en la angulación, con 152° en las imágenes capturadas con dron y 124° con celular. Esta variación refleja una posible distorsión por la perspectiva de la cámara del celular. La puntuación REBA fue de 4 en ambos casos, lo que evidencia una carga postural elevada en esta tarea.

Fotografía capturada con dron	Fotografía capturada con celular
 Puntuación del cuello: 3	 Puntuación del cuello: 1
 Puntuación del tronco: 3	 Puntuación del tronco: 3
 Puntuación de la pierna derecha: 4	 Puntuación de la pierna derecha: 4



Figura 3.10 Puntuación de los segmentos del Grupo A

Fuente y elaboración propia

Grupo B

En el caso de los segmentos corporales del Grupo B, los cuales se registraron en la Figura 3.11; el uso del dron permitió una mejor apreciación de los segmentos corporales cortos como la muñeca, donde se registró una desviación de 26° que no fue visible en las imágenes tomadas con celular. Además, en los segmentos del brazo y antebrazo, se observaron diferencias importantes en la angulación, con valores de 98° y 96° con dron frente a 125° y 96° con celular, respectivamente. Estos resultados demuestran que la captura con dron ofrece mayor precisión en la evaluación postural, especialmente en la identificación de desviaciones y rotaciones que pueden no ser evidentes desde el nivel del suelo.

Fotografía capturada con dron	Fotografía capturada con celular
Puntuación del brazo derecho: 5	Puntuación del brazo derecho: 4
Puntuación del antebrazo derecho: 2	Puntuación del antebrazo derecho: 2
Puntuación de la muñeca derecha: 3	Puntuación de la muñeca derecha (flexión): 1
Desviación de la muñeca +1	Desviación de la muñeca +0 (No apreciable); solo se observa flexión 9°

Figura 3.11 Puntuación de los segmentos del Grupo B

Fuente y elaboración propia

Puntuación final REBA

Los resultados obtenidos mediante el método REBA, presentados en la Tabla 20, evidenciaron una diferencia significativa entre las imágenes capturadas con dron y con celular, con puntuaciones finales de 12 y 8, respectivamente. Se observó que el análisis realizado con el dron reflejó un nivel de riesgo ergonómico más alto, clasificándose como Riesgo Muy Alto, mientras que con el celular se obtuvo un Riesgo Alto. Esta diferencia resalta la mayor precisión del dron en la identificación de posturas forzadas, especialmente en segmentos como el cuello, tronco y extremidades superiores.

Tabla 20
Puntuaciones finales REBA de la Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada

	Angulación con dron	Puntuación con dron	Angulación con celular	Puntuación con celular
Cuello	21°	(+2)	15°	(+1)
Rotación/Inclinación del cuello	8°	(+1)	0°-No apreciable	(+0)
Tronco	25°	(+3)	36°	(+3)
Inclinación del tronco	7°	(+1)	0°-No apreciable	(+0)
Piernas	152°	(+4)	124°	(+4)
Brazo	98°	(+5)	125°	(+4)
Antebrazo	101°	(+2)	96°	(+2)
Muñeca	17°	(+3)	9°	(1)
Desviación de la muñeca	26°	(+1)	No apreciable	(+0)
Puntuación final	12 (Riesgo Muy Alto)		8 (Riesgo Alto)	

Fuente y elaboración propia

Un aspecto clave fue la desviación de la muñeca, que solo pudo ser apreciada en las imágenes capturadas con el dron (26°), mientras que en las imágenes del celular no fue posible identificar este detalle. Adicional a ello, en los ANEXO D y ANEXO E se encuentran el detalle del cálculo de la puntuación de la metodología REBA.

3.6.2 Evaluación de la Tarea 6. Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo

Se evaluó la postura del trabajador durante Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro de este. En términos generales, las puntuaciones obtenidas en ambas metodologías fueron similares en la mayoría de los segmentos, con diferencias mínimas en la evaluación de la muñeca izquierda.

Grupo A

En la evaluación de la Tarea 6 para el Grupo A, se identificaron diferencias significativas entre las imágenes capturadas con dron y celular en los segmentos de tronco y piernas, tal y como se observa en la F. Aunque las puntuaciones fueron idénticas en ambos métodos, se evidenció que el dron permitió una mejor apreciación de la postura, en particular en la rotación del cuello y la extensión de las piernas tal y como se observa en la Figura 3.12.

La angulación de las piernas fue considerablemente mayor en la imagen capturada con dron (201° frente a 177° con celular), lo que sugiere que este método proporciona una representación más precisa de la postura del trabajador. Además, la rotación del cuello presentó una diferencia notable, con 10° en la imagen capturada con dron frente a solo

1° en la tomada con celular, permitiendo un análisis más detallado de la inclinación y giro de la cabeza durante la tarea.

Fotografía capturada con dron	Fotografía capturada con celular
 Puntuación del cuello: 2	 Puntuación del cuello: 1
 Puntuación del tronco: 3	 Puntuación del tronco: 3
 Puntuación de la pierna izquierda: 3	 Puntuación de la pierna izquierda: 3

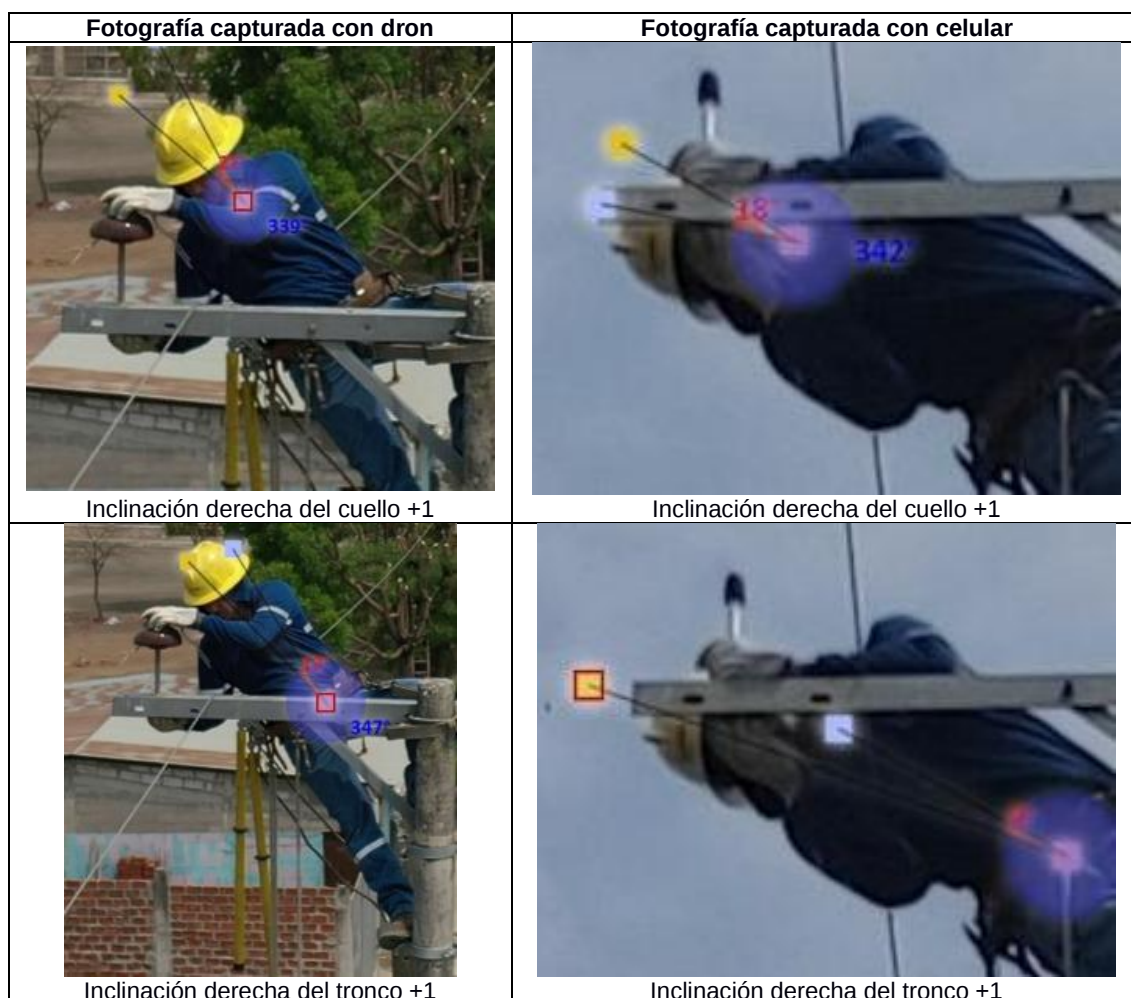


Figura 3.12 Puntuación de los segmentos del Grupo A

Fuente y elaboración propia

Grupo B

Las puntuaciones del Grupo B se registraron en la Figura 3.13, que incluyó la evaluación del brazo, antebrazo y muñeca, los resultados mostraron que, si bien las puntuaciones ergonómicas fueron similares, la imagen capturada con dron permitió identificar variaciones importantes en la postura.

En particular, la angulación del brazo fue menor en la imagen con dron (10°) en comparación con la obtenida con celular (15°), lo que sugiere una percepción más precisa del segmento. Asimismo, la desviación de la muñeca fue más evidente en la imagen con dron, reflejando una puntuación mayor (2 frente a 1 con celular), lo que indica que este método proporciona una mejor representación de los movimientos finos en la extremidad superior. Estos hallazgos refuerzan la utilidad del dron en la evaluación ergonómica, ya que permite captar detalles que pueden pasar desapercibidos con el uso exclusivo de imágenes tomadas desde el suelo.

Fotografía capturada con dron	Fotografía capturada con celular
 Puntuación del brazo izquierda: 2	 Puntuación del brazo izquierda: 2
 Puntuación del antebrazo izquierda: 1	 Puntuación del antebrazo izquierda: 1
 Puntuación de la muñeca izquierda: 2	 Puntuación de la muñeca izquierda: 1

Figura 3.13 Puntuación de los segmentos del Grupo B
Fuente y elaboración propia

Puntuación final REBA

Los resultados obtenidos mediante el método REBA, presentados en la Tabla 21, evidenciaron una diferencia leve pero relevante entre las imágenes capturadas con dron y celular, con puntuaciones finales de 8 y 6, respectivamente. Se observó que el análisis con el dron reflejó un Riesgo Alto, mientras que con el celular se obtuvo un Riesgo Medio. Esta diferencia resalta la capacidad del dron para identificar con mayor precisión desviaciones posturales en segmentos como el cuello, tronco y extremidades superiores, permitiendo una evaluación más detallada y una mejor estimación del riesgo ergonómico en entornos de difícil acceso.

Tabla 21
Puntuaciones finales REBA de la Tarea 6. Desmontaje el aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo

	Angulación con dron	Puntuación con dron	Angulación con celular	Puntuación con celular
Cuello	28°	(+2)	16°	(+1)
Rotación/Inclinación del cuello	21°	(+1)	18°	(+1)
Tronco	5°	(+1)	1°	(+1)
Inclinación del tronco	13°	(+1)	8°	(+1)
Piernas	201°	(+3)	177°	(+3)
Brazo	10°	(+2)	15°	(+2)
Antebrazo	83°	(+1)	99°	(+1)
Muñeca	16°	(+2)	15°	(+1)
Desviación de la muñeca	Imperceptible	(+0)	Imperceptible	(+0)
Puntuación final	8 (Riesgo Alto)		6 (Riesgo Medio)	

Fuente y elaboración propia

Esta diferencia refleja la mayor precisión del dron en la identificación de posturas forzadas, especialmente en segmentos como el cuello, las piernas y las extremidades superiores. Un aspecto destacado fue la rotación del cuello, que mostró una variación significativa en las imágenes capturadas con dron (10°) en comparación con las del celular (1°), así como la angulación de las piernas, que fue mayor en las imágenes del dron (201° frente a 177°). Adicionalmente, en los ANEXO F y ANEXO G se encuentra el detalle del cálculo de la puntuación de la metodología REBA.

3.6.3 Evaluación de la Tarea 7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta

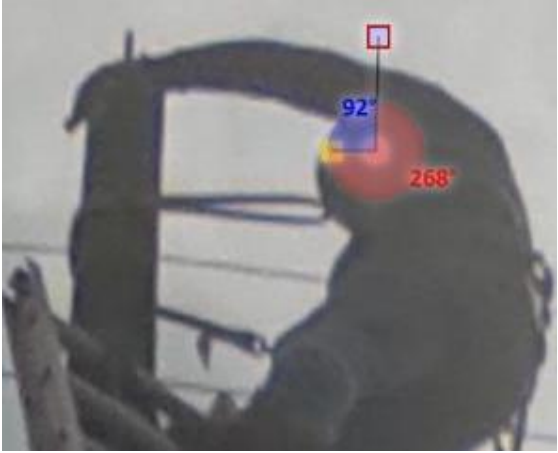
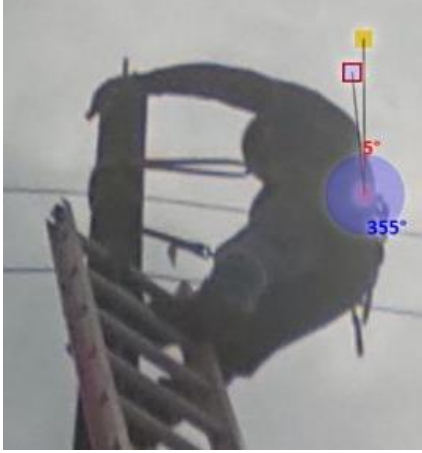
Durante el proceso de cambio de pernos tipo pin y cambio de estructura, el trabajador adoptó una posición de descanso mientras esperaba que sus compañeros le alcanzaran la herramienta, el perno o la estructura necesaria para realizar el cambio. Esta postura se mantuvo en ambos procedimientos, lo que permitió evaluar de manera conjunta las exigencias ergonómicas de la actividad y analizar las diferencias en la captura de imágenes mediante dron y celular.

Grupo A

En la evaluación de la Tarea 7 para el Grupo A presentadas en la Figura 3.14, la cual involucra el cuello, tronco y piernas, se observó una ligera diferencia en las puntuaciones, especialmente en el cuello. La imagen capturada con dron mostró una puntuación de 2 en comparación con 1 en la imagen tomada con celular, lo que indica que el dron proporcionó una visión más precisa de la postura del trabajador. Además,

las angulaciones del cuello fueron notablemente diferentes: 39° con dron frente a 92° con celular, lo que sugiere que el dron permitió un análisis más detallado del ángulo de inclinación.

En cuanto a la postura del tronco y las piernas, no se observaron diferencias significativas en las puntuaciones, ya que ambas imágenes mostraron una puntuación de 3 para el tronco y las piernas en ambos métodos. Sin embargo, la angulación de las piernas fue considerablemente mayor con el dron (82° frente a 134° con celular), lo que refleja una postura más cómoda y ergonómica durante la tarea.

Fotografía capturada con dron	Fotografía capturada con celular
 Puntuación del cuello: 2	 Puntuación del cuello: 1
 Puntuación del tronco: 3	 Puntuación del tronco: 3

Fotografía capturada con dron	Fotografía capturada con celular
 Puntuación de la pierna izquierda: 3	 Puntuación de la pierna izquierda: 3
 Inclinación izquierda del cuello +1	 Inclinación derecha del cuello +1
 Inclinación izquierda del tronco +1	 Inclinación derecha del tronco +1

Figura 3.14 Puntuación de los segmentos del Grupo A
Fuente y elaboración propia

Grupo B

Para el Grupo B, compuesto por los segmentos de brazo, antebrazo y muñeca, las puntuaciones ergonómicas fueron consistentes entre las dos imágenes, con puntuaciones de 4 para el brazo izquierdo y 2 para el antebrazo izquierdo con dron y 1 con celular tal y como se observa en la Figura 3.15, mientras que la muñeca obtuvo una puntuación de 2 con dron y 1 con la muñeca. Sin embargo, las angulaciones mostraron ciertas diferencias que refuerzan la ventaja del uso del dron.

El ángulo del brazo fue de 84° con el dron y de 110° con el celular, lo que indica una mejor representación de la postura del brazo con el dron. De igual manera, la angulación del antebrazo fue más precisa con el dron (101° frente a 98° con celular). La muñeca mantuvo una diferencia menor (18° con dron frente a 3° con celular), pero en general, el uso del dron permitió obtener una visión más detallada de los segmentos corporales, destacando nuevamente la capacidad de este equipo para capturar detalles sutiles en las extremidades del trabajador.

Fotografía capturada con dron	Fotografía capturada con celular
 Puntuación del brazo izquierda: 4	 Puntuación del brazo izquierda: 4
 Puntuación del antebrazo izquierda: 2	 Puntuación del antebrazo izquierda: 1
 Puntuación de la muñeca izquierda: 1	 Puntuación de la muñeca izquierda: 1

Figura 3.15 Puntuación de los segmentos del Grupo B

Fuente y elaboración propia

Puntuación final REBA

Los resultados obtenidos mediante el método REBA, presentados en la Tabla 22, evidenciaron una diferencia notable entre las imágenes capturadas con dron y celular, con puntuaciones finales de 10 y 6, respectivamente. Se observó que el análisis con el dron reflejó un Riesgo Alto, mientras que con el celular se obtuvo un Riesgo Medio. Esta diferencia demuestra la mayor precisión del dron en la identificación de posturas forzadas, permitiendo una evaluación más detallada de los segmentos corporales y una mejor estimación del riesgo ergonómico en trabajos en altura y espacios de difícil acceso.

Tabla 22
Puntuaciones finales REBA de la Tarea 7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta

	Angulaciones con dron	Puntuación con dron	Angulaciones con celular	Puntuación con celular
Cuello	39°	(+2)	2°	(+1)
Rotación/Inclinación del cuello	10°	(+1)	0° - Imperceptible	(+0)
Tronco	8°	(+1)	5°	(+1)
Inclinación del tronco	7°	(+1)	7°	(+1)
Piernas	82°	(+3)	134°	(+3)
Brazo	84°	(+4)	110°	(+4)
Antebrazo	101°	(+2)	98°	(+1)
Muñeca	18°	(+2)	3°	(+1)
Desviación de la muñeca	0°	(+0)	Imperceptible	(+0)
Puntuación final	10 (Riesgo Alto)		6 (Riesgo Medio)	

Fuente y elaboración propia

Esta diferencia resalta la mayor precisión del dron en la identificación de posturas forzadas, especialmente en el cuello y las piernas. En particular, la rotación del cuello presentó una variación considerable en las imágenes capturadas con dron (10°) en comparación con las del celular (1°). Asimismo, la angulación de las piernas mostró una diferencia significativa (82° con dron frente a 134° con celular), lo que sugiere que la perspectiva del dron permite un mejor análisis de la postura real del trabajador.

Un factor clave en esta diferencia fue la influencia de las condiciones ambientales. Durante la actividad, la fuerte exposición al sol y la presencia de viviendas cercanas al poste generaron dificultades en la captura de imágenes con el celular, provocando un efecto de contraluz que redujo la visibilidad y aumentó la opacidad de la imagen.

Además, al estar demasiado cerca del poste, la imagen obtenida con el celular presentó distorsión, dificultando una correcta evaluación de los segmentos corporales. En contraste, el dron permitió una mejor angulación y posicionamiento de la cámara, eliminando estos inconvenientes y proporcionando imágenes más claras y precisas.

Adicionalmente, en los ANEXO H e I se encuentra el detalle del cálculo de la puntuación de la metodología REBA.

3.7 Recomendaciones basadas en las posturas forzadas

Los resultados de la evaluación de posturas forzadas, comparando las angulaciones capturadas con dron y cámara celular, permitieron identificar desviaciones significativas respecto a los ángulos de confort recomendados. Se observó que el dron tendió a calcular un nivel de riesgo mayor en cada evaluación en comparación con el celular,

clasificando las posturas dentro de categorías de riesgo más altas según la metodología REBA. En la Tarea 4, el nivel de riesgo fue muy alto con el dron (REBA: 12) y alto con el celular (REBA: 9). En la Tarea 6, el riesgo fue medio con el dron (REBA: 8) y bajo con el celular (REBA: 6). Finalmente, en la Tarea 7, el dron registró un riesgo alto (REBA: 10), mientras que el celular indicó un nivel medio (REBA: 6).

En la Tarea 1: Instalación de la puesta a tierra temporal en el poste, se observó que el tronco presentó una angulación de 27° con el dron y 14° con la cámara celular, superando el ángulo de confort recomendado (<10°). El hombro derecho mostró una angulación de 40° con el dron y 75° con la cámara celular, indicando una postura forzada, ya que el ángulo de confort para este segmento debe ser superior a 80°.

Estas desviaciones, junto con una puntuación REBA de 12 (dron) y 9 (celular) en la Tarea 4: Liberación del aseguramiento de los conductores, sugirieron la necesidad de ajustar la postura del tronco y hombros mediante el uso de herramientas que redujeran la necesidad de inclinación y rotación excesiva.

En la Tarea 6: Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo, se identificaron desviaciones importantes en las piernas, con una angulación de 201° (dron) y 177° (cámara celular), superando el ángulo de confort recomendado (<135°). La rotación del cuello mostró una diferencia notable entre ambos métodos (39° con dron frente a 2° con celular), resaltando la importancia de utilizar el dron para captar detalles posturales que podrían pasar desapercibidos. La puntuación REBA de 8 (dron) y 6 (celular) reforzó la necesidad de implementar medidas correctivas, como el uso de plataformas elevadoras para reducir la flexión excesiva de las piernas y mejorar la postura del cuello.

En la Tarea 7: Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin, se observó que el cuello presentó una angulación de 28° con el dron, superando el ángulo de confort recomendado (<40°), mientras que la cámara celular no logró captar este detalle de manera precisa. Las piernas mostraron una angulación de 82° (dron) y 134° (celular), indicando una postura forzada en este segmento. La puntuación REBA de 10 (dron) y 6 (celular) sugirió la necesidad de mejorar la postura del cuello y las piernas mediante el uso de equipos de asistencia que permitieran mantener una posición más neutral durante la ejecución de la tarea.

En general, los resultados evidenciaron que el dron proporcionó una representación más precisa de las posturas forzadas, especialmente en segmentos como el cuello, tronco y extremidades inferiores. El dron permitió identificar un 30% más de posturas forzadas en comparación con la cámara celular, lo que resaltó su utilidad en la evaluación ergonómica.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Con la finalidad de validar la utilidad de drones como herramienta para la recolección de información ergonómica, se caracterizó la captura de imágenes en puestos de difícil acceso mediante el uso de drones y cámaras convencionales. Se realizó un análisis goniométrico de los segmentos corporales y se comparó mediante evaluación REBA la precisión de la información obtenida con ambos métodos. En función del análisis realizado y considerando los objetivos planteados, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se comprobó que el uso de drones mejora significativamente la captura de información ergonómica en puestos de difícil acceso. La posibilidad de obtener imágenes y videos desde múltiples ángulos permitió un análisis más detallado de las posturas forzadas. Además, la flexibilidad en el posicionamiento del dron redujo errores asociados al paralaje y a la diferencia de nivel que se presentan con cámaras convencionales ubicadas en el suelo.
- Las imágenes capturadas con el dron facilitaron una identificación más precisa de los segmentos corporales y sus respectivas angulaciones, optimizando el análisis goniométrico. En planos sagitales y frontales, la visibilidad de las extremidades y la alineación corporal fue más clara en comparación con las imágenes captadas desde el suelo, lo que contribuyó a una evaluación ergonómica más confiable.
- Al comparar la calidad de la información obtenida mediante drones con la capturada por métodos tradicionales desde el suelo, se evidenciaron diferencias en la precisión de las mediciones. En particular, en la evaluación de posturas mediante la metodología REBA, se observó que el uso de imágenes obtenidas con el dron permitió identificar desviaciones posturales que no fueron detectadas con la cámara convencional, reflejando una mayor sensibilidad del dron en la identificación de posturas forzadas.
- La aplicación de la metodología REBA con los datos obtenidos por el dron determinó un nivel de riesgo ergonómico muy alto (13), mientras que con la cámara desde el suelo se obtuvo un riesgo medio (7). Esto evidenció que la captura de información mediante drones permite una evaluación más precisa y detallada de las condiciones ergonómicas en trabajos en altura, contribuyendo a una mejor identificación de riesgos.
- Se determinó que en zonas urbanas la captura de imágenes con cámaras desde el suelo presenta limitaciones debido a obstáculos visuales como edificaciones y estructuras cercanas. En contraste, el dron permitió superar estas barreras al posicionarse estratégicamente para capturar imágenes sin restricciones de visibilidad, mejorando la recopilación de datos ergonómicos en espacios de difícil acceso.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda integrar el uso de drones en el Programa de Seguridad y Salud Ocupacional de la Corporación Nacional de Electricidad, con el objetivo de mejorar la identificación y análisis de posturas forzadas en trabajos en altura y zonas de difícil acceso. Esta tecnología permitirá realizar evaluaciones más precisas, reduciendo la exposición del personal a condiciones de riesgo y mejorando la detección de factores ergonómicos que pueden generar trastornos musculoesqueléticos.
- Se sugiere desarrollar un protocolo estandarizado para el uso de drones en inspecciones ergonómicas dentro de las actividades de mantenimiento en redes de distribución. Dicho protocolo debe considerar parámetros técnicos para la captura de imágenes, identificación de posturas críticas y su análisis con metodologías de evaluación ergonómica como REBA. De esta manera, se podrá optimizar la toma de decisiones en la prevención de lesiones ocupacionales y reducir el impacto de posturas forzadas en los trabajadores.
- Se recomienda capacitar a los técnicos de mantenimiento y al personal de seguridad y salud ocupacional en el uso de drones para la identificación y análisis de riesgos ergonómicos. Esta capacitación debe incluir el manejo adecuado del equipo, la interpretación de imágenes para la evaluación postural y la aplicación de metodologías ergonómicas para la detección temprana de riesgos. Con ello, se fortalecerá la cultura de prevención dentro de la Corporación Nacional de Electricidad.
- Se propone la implementación de un sistema de monitoreo ergonómico continuo utilizando drones en las actividades de mantenimiento eléctrico en altura. Esto permitirá una supervisión más eficiente de las condiciones posturales de los trabajadores, facilitando la detección temprana de desviaciones ergonómicas y reduciendo el riesgo de enfermedades musculoesqueléticas relacionadas con posturas inadecuadas y sobreesfuerzos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Casado, E., Hernández-Soto, A., Tello Sandoval, S., & Gil Meneses, R. (n.d.). *Guía para la evaluación rápida de riesgos ergonómicos dirigida a los delegados de prevención.*
- Bermúdez Moreira, M. G. (2019). Estudio de los riesgos laborales ergonómicos en el área de distribución de una empresa del Sector Eléctrico. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de La Salud. Salud y Vida*, 3(6), 384.
<https://doi.org/10.35381/s.v.v3i6.358>
- Cuadro, H., Díaz Andrea, & Muñoz Zulay. (2014). *APLICABILIDAD DE CRITERIOS TÉCNICOS DE CONFORT FUNDAMENTADOS EN LA ERGONOMÍA Y PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, EN UNA EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE REDES ELÉCTRICAS DE BARRANQUILLA.* . Universidad de la Costa C U C.
- Gallagher, S., Marras, W. S., Davis, K. G., & Kovacs, K. (2002). Effects of posture on dynamic back loading during a cable lifting task. *Ergonomics*, 45(5), 380–398.
<https://doi.org/10.1080/00140130210127639>
- Gobierno Constitucional de la República del Ecuador. (2024). *REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.*
- INEN. (2014). *NTE INEN-ISO 11226.*
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2015). *Posturas de trabajo: evaluación del riesgo.* <http://publicacionesoficiales.boe.es>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O, A., & M, P. (2024). *Drones: utilización en la inspección de una línea eléctrica aérea.*
- Ministerio de Energía y Minas. (2022). *En 2021 el sector eléctrico dinamizó la economía nacional con un 93.2 % de generación renovable y la exportación de más de 500 GWh.*
- Moriguchi, C. S., Carnaz, L., Veiersted, K. B., Hanvold, T. N., Hæg, L. B., Hansson, G. åke, & Cote Gil Courty, H. J. (2013). Occupational posture exposure among construction electricians. *Applied Ergonomics*, 44(1), 86–92.
<https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2012.05.002>
- Quinatoa Toapanta, H. F. (2018). *GESTIÓN DEL RIESGO ERGONÓMICO PARA LA DISMINUCIÓN DE POSTURAS INADECUADAS DE TRABAJO EN ALTURA PARA EL MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN EN LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ESPE.*
- Taboadela, C. H. (2007). *GONIOMETRÍA: UNA HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE INCAPACIDADES LABORALES.* ASOCIART SA ART. © 2007. www.asociart.com.ar
- UETD. (1967). *Manual del liniero.*

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA. (n.d.). *Método REBA*. Retrieved February 15, 2025, from <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

Varela García, C. A. (2018). *ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO DE TENDIDO DE CABLE ELÉCTRICO: ERGONOMÍA, BIOMECÁNICA POSTURAL Y EQUIPAMIENTO* [Tesis Doctoral]. Universidad de Oviedo.

ANEXOS

ANEXO A

Especificaciones técnicas del dron Mavic 2 Pro

Dimensiones y peso

Peso: 907 g (incluyendo batería y hélices).

Dimensiones (plegado): 214 × 91 × 84 mm.

Dimensiones (desplegado): 322 × 242 × 84 mm.

Cámara Hasselblad L1D-20c

Sensor

Tipo: CMOS de 1 pulgada.

Resolución efectiva: 20 MP (5472 × 3648 píxeles).

Tamaño del píxel: Más grande que cámaras tradicionales de drones, lo que mejora la captación de luz.

Lente

Longitud focal equivalente: 28 mm (gran angular).

Apertura: Ajustable de f/2.8 a f/11, permitiendo flexibilidad para distintas condiciones de luz.

Calidad de imagen y video

Fotografía:

Formatos: JPEG, DNG (RAW).

Video:

Resolución máxima: 4K UHD (3840 × 2160) a 30 fps.

Codificación: H.265 y H.264 (reduce el tamaño del archivo manteniendo alta calidad).

Perfil de color: Dlog-M de 10 bits, que ofrece un rango dinámico más amplio (ideal para edición).

Soporte HDR: Captura videos HDR en 10 bits, compatible con televisores HLG.

Capacidades avanzadas

Balance de blancos: Ajustable de 2000 K a 10,000 K.

ISO (sensibilidad):

Fotos: 100-3200 (manual) o 100-6400 (automático).

Video: 100-3200 (manual).

Velocidad de obturación: 8-1/8000 s.

Rendimiento de vuelo

Velocidad máxima: 72 km/h (en modo Sport, sin viento).

Tiempo máximo de vuelo: 31 minutos (en condiciones ideales).

Distancia de transmisión: Hasta 8 km (sin obstrucciones, con señal FCC).

ANEXO B

Especificaciones técnicas de la cámara celular Samsung S21

Cámara principal (Gran Angular)

Resolución: 12 MP.

Tamaño del sensor: 1/1.76".

Apertura: f/1.8 (para capturar más luz en condiciones de poca iluminación).

Tamaño de píxeles: 1.8 μm .

Estabilización: OIS (Estabilización Óptica de Imagen).

Campo de visión (FoV): 79°.

Enfoque: PDAF (Enfoque automático por detección de fase).

Cámara Ultra Gran Angular

Resolución: 12 MP.

Apertura: f/2.2.

Tamaño de píxeles: 1.4 μm .

Campo de visión (FoV): 120° (ideal para capturar paisajes o planos amplios).

Tamaño del sensor: 1/2.55".

Cámara Teleobjetivo (Zoom óptico)

Resolución: 64 MP.

Apertura: f/2.0.

Tamaño de píxeles: 0.8 μm .

Zoom

Óptico híbrido: 1.1x.

Digital: Hasta 30x (Space Zoom).

Estabilización: OIS (Estabilización Óptica de Imagen)

Grabación de video

Resoluciones:

8K a 24 fps (ideal para detalles extremos y recortes posteriores).

4K UHD a 30/60 fps.

1080p Full HD a 30/60 fps.

720p HD a 30 fps.

Estabilización:

Super Steady Video (ideal para videos en movimiento).

HDR10+: Para una mejor reproducción de colores y rango dinámico.

Zoom: Hasta 12x en video.

ANEXO C

Actividad/Tarea	Planimetría	Segmento Corporal	Angulación con dron (°)	Angulación con cámara celular	Ángulo de confort
1. Instalación de la puesta a tierra temporal en el poste antes y después del aislador tipo pin.	Plano frontal (posterior)	Tronco	27°	14°	Inferior a 10°
	Plano frontal (posterior)	Hombro Derecho	40°	75°	Superior a 80°
6. Retiro de los pernos y fijaciones que aseguran la cruceta al poste.	Plano frontal (posterior)	Tronco	10°	7°	Inferior a 10°
4. Desmontaje de la cruceta dañada y su descenso.	Plano sagital derecho	Cuello	21°	15°	Inferior a 40°
		Tronco	25°	36°	Inferior a 20°
		Piernas	152°	124°	Inferior a 135°
		Brazo	98°	125°	Inferior a 80°
		Antebrazo	101°	96°	Inferior a 60°
		Muñeca	17°	9°	Menor a 45°
	Vista superior	Desviación de la muñeca	26°	No apreciable	Menor a 20°
	Plano frontal (posterior)	Rotación/Laterización del cuello	8°	0° - No apreciable	Menor a 10°
Tarea 6. Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro del mismo	Plano sagital derecho	Inclinación de tronco	7°	0° - No apreciable	Inferior a 10°
		Cuello	28°	16°	Inferior a 40°
		Tronco	5°	4°	Inferior a 20°
		Piernas	201°	177°	Inferior a 135°
		Brazo	10°	15°	Inferior a 80°
		Antebrazo	83°	99°	Inferior a 60°
		Muñeca	16°	15°	Inferior a 40°
	Plano frontal (posterior)	Rotación/Laterización del cuello	21°	18°	Menor a 10°
Tarea 7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta	Plano sagital izquierdo	Inclinación de tronco	13°	8°	Inferior a 10°
		Cuello	39°	2° (Poco apreciable)	Inferior a 40°
		Tronco	8°	5°	Inferior a 20°
		Piernas	82°	134°	Inferior a 135°
		Brazo	84°	110°	Inferior a 80°
		Antebrazo	101°	98°	Inferior a 60°
		Muñeca	18°	3°	Superior a 45°
	Plano frontal (posterior)	Rotación/Laterización del cuello	10°	0° - Imperceptible	Menor a 10°
	Plano frontal (posterior)	Inclinación de tronco	7°	7°	Inferior a 10°

Fuente y elaboración propia

ANEXO D

Aplicación del método REBA para la evaluación ergonómica de Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada con dron

Puntuaciones finales, riesgo y nivel de actuación

A partir de las puntuaciones A y B se obtiene la Puntuación C, que se incrementará según el tipo de actividad muscular desarrollada en la tarea.

Puntuación C :

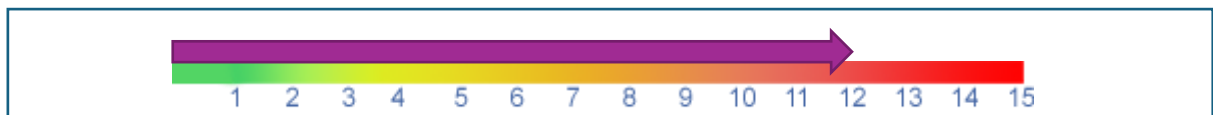
10

Puntuación de Actividad Muscular:

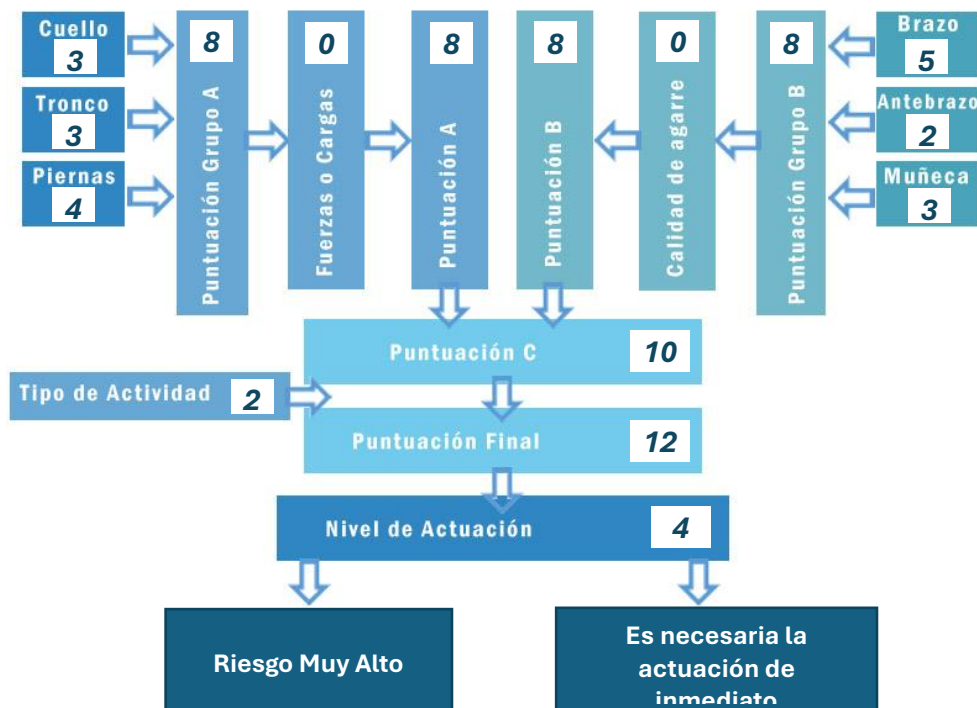
2

Puntuación Final :

12



Resumen de puntuaciones y valoración



ANEXO E

Aplicación del método REBA para la evaluación ergonómica de Tarea 4. Liberación del aseguramiento de los conductores y su descenso temporal para liberar la cruceta dañada con celular

A partir de las puntuaciones A y B se obtiene la Puntuación C, que se incrementará según el tipo de actividad muscular desarrollada en la tarea.

Puntuación C :

7

Puntuación de Actividad Muscular:

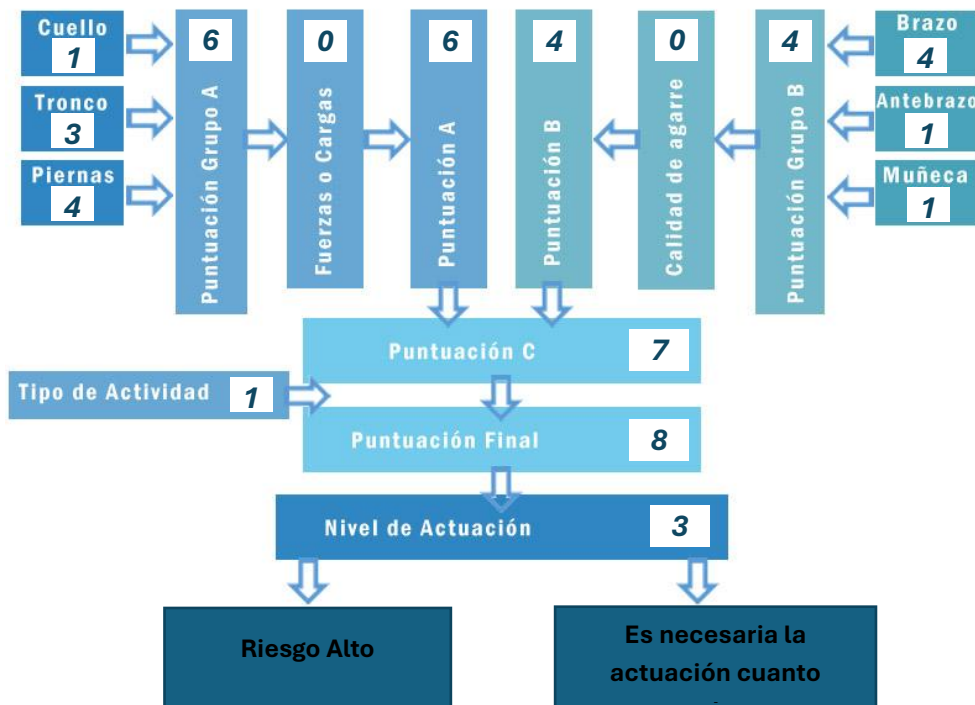
1

Puntuación Final :

8



Resumen de puntuaciones y valoración



ANEXO F

Aplicación del método REBA para la evaluación ergonómica de Tarea 6. Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro de este, utilizando dron

Puntuaciones finales, riesgo y nivel de actuación

A partir de las puntuaciones A y B se obtiene la Puntuación C, que se incrementará según el tipo de actividad muscular desarrollada en la tarea.

Puntuación C :

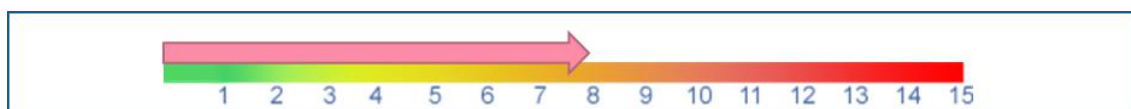
7

Puntuación de Actividad Muscular:

1

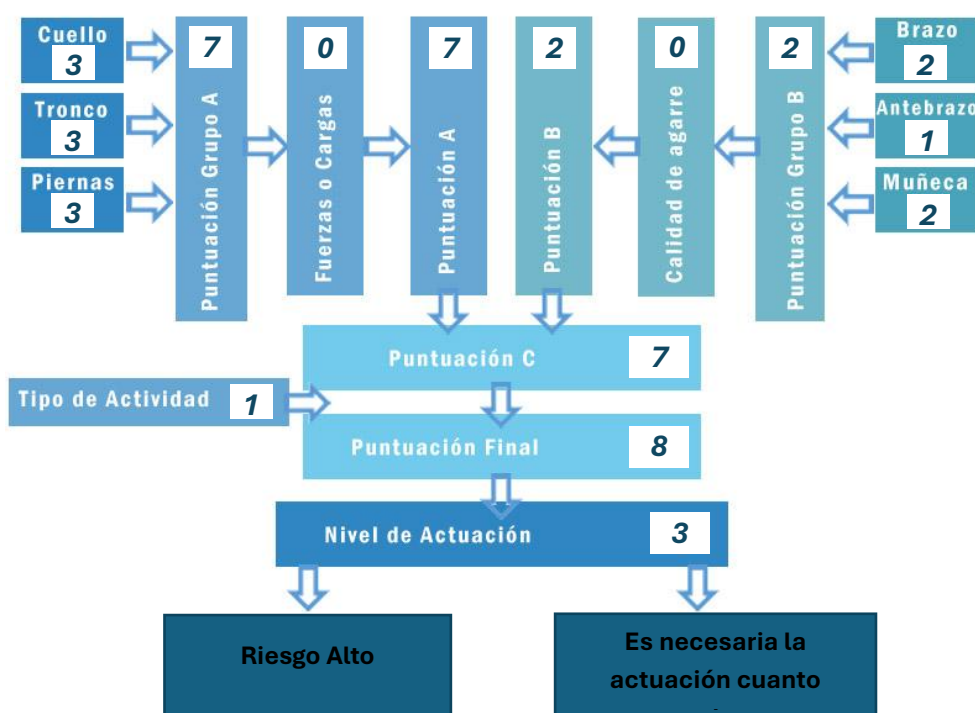
Puntuación Final :

8



El valor de la puntuación final es mayor cuanto mayor es el riesgo para el trabajador; el valor 1

Resumen de puntuaciones y valoración



ANEXO G

Aplicación del método REBA para la evaluación ergonómica de Tarea 6. Desmontaje del aislador tipo pin deteriorado y retiro de este, utilizando celular

Puntuaciones finales, riesgo y nivel de actuación

Puntuación C :

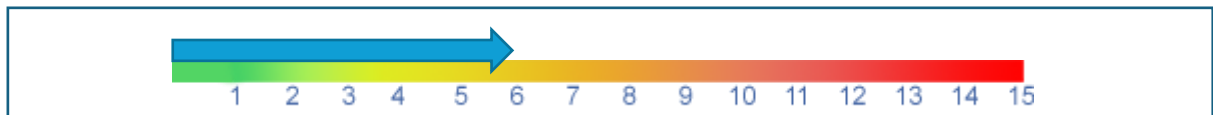
6

Puntuación de Actividad Muscular:

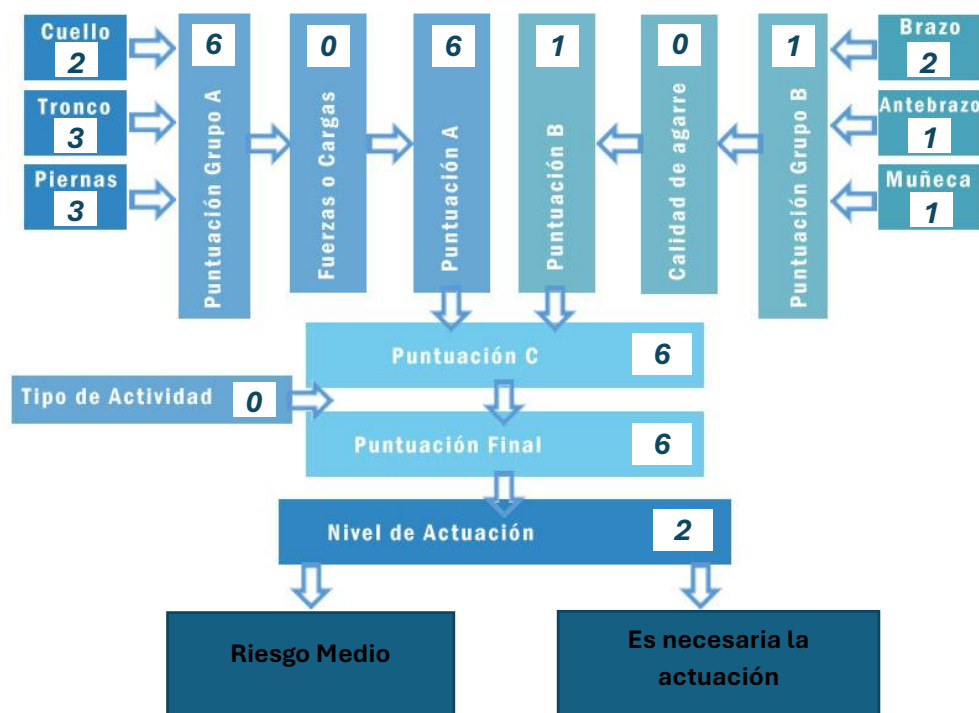
0

Puntuación Final :

6



Resumen de puntuaciones y valoración



ANEXO H

Aplicación del método REBA para la evaluación ergonómica de la Tarea 7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta, utilizando dron

Puntuaciones finales, riesgo y nivel de actuación

Puntuación C :

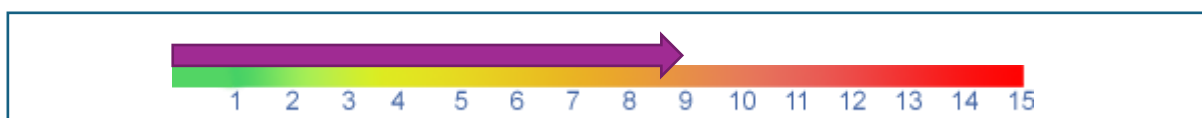
9

Puntuación de Actividad Muscular:

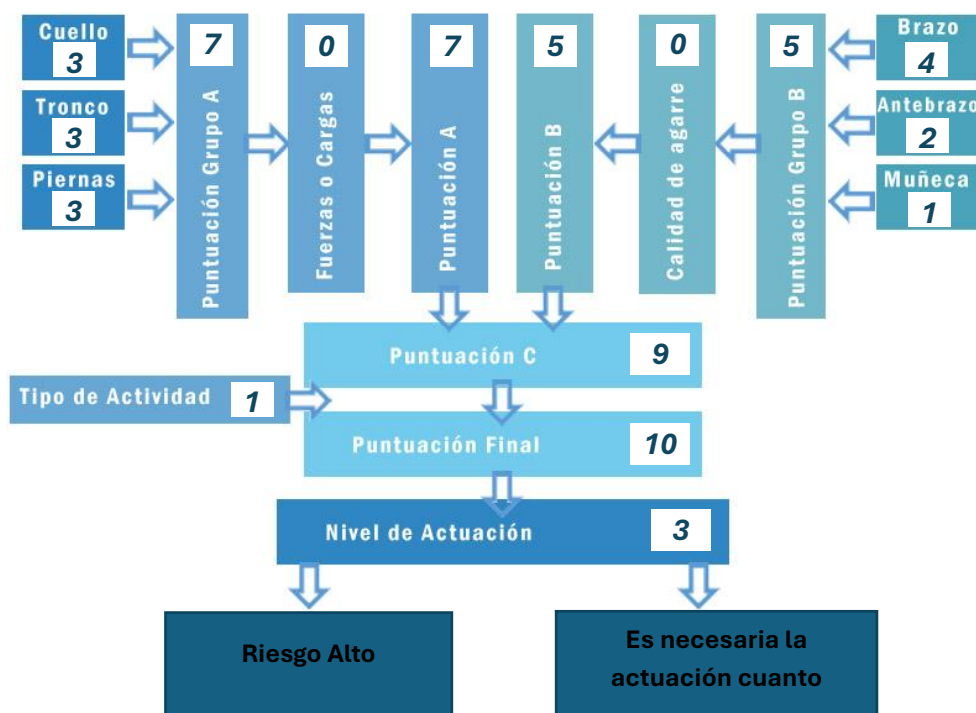
1

Puntuación Final :

10



Resumen de puntuaciones y valoración



ANEXO I

Aplicación del método REBA para la evaluación ergonómica de la Tarea 7. Subida e instalación del nuevo aislador tipo pin asegurándolo en la cruceta, utilizando celular

Puntuaciones finales, riesgo y nivel de actuación

Puntuación C :

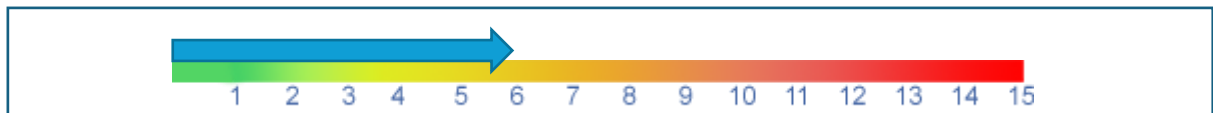
5

Puntuación de Actividad Muscular:

0

Puntuación Final :

5



Resumen de puntuaciones y valoración

