

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL**



**TEMA:**

**ESTIMACIÓN DE CARGA FÍSICA MEDIANTE EL CONSUMO  
METABÓLICO E ÍNDICE WBGT PARA LINIEROS ELÉCTRICOS,  
SUCUMBÍOS-ECUADOR**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Magister en Higiene y Salud Ocupacional

**Autor:**

Ing. Cristina Alexandra Ulloa Moreno

**Director:**

Ing. Julio Alberto Pambabay Santacruz, Mg en Ergonomía

**Asesor:**

Ing. Guillermo Neusa Arenas, Esp.-MSc.

Ibarra, 2023

## DEDICATORIA

**A:**

*A mi esposo, José, por el apoyo y motivación que me brindó durante el tiempo de trabajo en la investigación; a mi hijo, Jheremy, por su paciencia y comprensión, para lograr el éxito de dar un paso más a mi profesión y concluir el presente estudio científico.*

*A mi Padres, Ramiro y Consuelo quienes me dieron la educación para seguir adelante con una visión de futuro, a mis hermanos que son personas que me han ofrecido el amor y la calidez de familia a la cual amo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Ing. Julio Alberto Pambabay Santacruz, Mg. de Universidad Técnica del Norte, por su apoyo y guía en la presente investigación científica.*

*Al Ing. Guillermo Neusa Arenas, Esp.-MSc., quien me brindó su asesoramiento técnico y científico de la Universidad Técnica del Norte.*

*Expreso mis sinceros agradecimientos a la organización que represento, a las autoridades de la Universidad Técnica del Norte-UTN - Ecuador, por el soporte técnico en el laboratorio de ergonomía e higiene ocupacional.*

*A los Colegas de la Cohorte 1 y a los Profesores de la Facultad de Posgrados de la UTN por el apoyo para la presente investigación al Trabajo de Grado.*



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

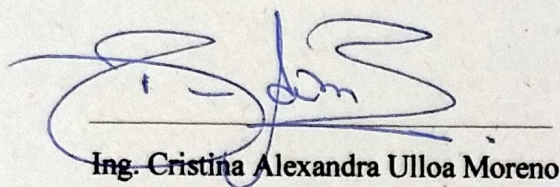
En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago entrega del presente Trabajo de Grado a la Universidad Técnica del Norte, para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>Cédula de Identidad:</b>	2100628706		
<b>Apellidos y Nombres:</b>	Ulloa Moreno Cristina Alexandra		
<b>Dirección:</b>	Barrio Los Ángeles, Nueva Loja		
<b>Email Institucional:</b>	<a href="mailto:caulloam@utn.edu.ec">caulloam@utn.edu.ec</a>		
<b>Teléfono Fijo:</b>	(062)(366971)	<b>Teléfono Móvil:</b>	(0593)(9)90435741
DATOS DE LA OBRA			
<b>Título:</b>	ESTIMACIÓN DE CARGA FÍSICA MEDIANTE EL CONSUMO METABÓLICO E ÍNDICE WBGT PARA LINIEROS ELÉCTRICOS, SUCUMBÍOS-ECUADOR		
<b>Autores (es):</b>	Ulloa Moreno Cristina Alexandra		
<b>Fecha: DD/MM/AA</b>	06/12/2023		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
<b>PROGRAMA:</b>	MAESTRÍA EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	MAGISTER EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL		
<b>DIRECTOR:</b>	<i>Ing. Pambabay Santacruz Julio Alberto, MSc.</i>		

**2.- CONSTANCIA**

El autor, Ulloa Moreno Cristina Alexandra, manifiesta que la obra es objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros. Por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de diciembre del 2023



Ing. Cristina Alexandra Ulloa Moreno





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE POSGRADO**



Ibarra, 17 de octubre del 2023



Dra  
 Lucía Yépez  
**Directora Facultad de Postgrado**  
**Presente.-**

**ASUNTO:** Conformidad del trabajo final de grado

Señor (a) Director (a):

Nos permitimos informar a usted que revisado el Trabajo final de Grado “ESTIMACIÓN DE CARGA FÍSICA MEDIANTE EL CONSUMO METABÓLICO E ÍNDICE WBGT PARA LINIEROS ELÉCTRICOS, SUCUMBÍOS-ECUADOR” de la maestrante Cristina Alexandra Ulloa Moreno, de la Maestría de Higiene y Salud Ocupacional, certificamos que han sido acogidas y satisfechas todas las observaciones realizadas.

Atentamente,

	<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Firma</b>
Tutor/a	Ing. Julio Alberto Pambabay Santacruz, MSc.	 Firmado electrónicamente por: JULIO ALBERTO PAMBABAY SANTACRUZ
Asesor/a	Ing. Guillermo Neusa Arenas Esp.-MSc.	 Firmado electrónicamente por: GUILLERMO NEUSA ARENAS

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
CAPÍTULO I.....	12
EL PROBLEMA .....	12
1.1 Problema de investigación .....	12
1.2 Antecedentes.....	15
1.3 Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos .....	18
1.4 Justificación .....	19
CAPÍTULO II.....	21
MARCO REFERENCIAL .....	21
2.1. Marco Teórico.....	21
2.1.1. Ergonomía.....	21
2.1.2. Riesgos Ergonómicos.....	21
2.1.3. Carga física de trabajo.....	22
2.1.4. Trabajo muscular.....	23
2.1.5. Postura de trabajo.....	24
2.1.6. Esfuerzo en el trabajo.....	25
2.1.7. Ambiente térmico.....	26
2.1.8. Condiciones ambientales.....	28
2.1.9. Actividades del trabajo (Metabolismo).....	30
2.1.10. Vestimenta.....	30
2.1.11. Confort térmico.....	31
2.1.12. Estrés térmico.....	31
2.1.12. Determinación del índice WBGT - ISO 7243.....	32

2.1.14. Régimen de trabajo – descanso .....	34
2.1.15. Aclimatación .....	35
2.2 Marco Legal .....	35
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador .....	35
2.2.2. Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo .....	36
2.2.3. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo 2393. ....	36
CAPÍTULO III .....	37
MARCO METODOLÓGICO .....	37
3.1 Descripción del área de estudio/ Grupo de estudio.....	37
3.2 Enfoque y tipo de investigación.....	38
3.3 Procedimientos.....	39
3.4 Consideraciones bioéticas.....	41
CAPÍTULO IV. ....	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1. Análisis de resultados .....	42
4.2. Caracterización de la población de estudio.....	42
4.3. Aplicación de Escala SOFI-SM.....	46
4. 4. Determinación de Tasa metabólica.....	49
4.5. Determinación del Índice WBGT .....	59
4.6. Determinación del nivel de riesgo .....	64
4.7. Discusión .....	67
CAPÍTULO V. ....	71
5.1. PROPUESTA .....	71
5.1.1. Introducción .....	71
5.1.2. Planificación preventiva Técnico operador de Equipo Pesado para Redes de Distribución .....	72
5.1.3 Planificación Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución .....	74
5.1.4. Planificación Técnico 2 de Mantenimiento de Redes de Distribución .....	75
CAPÍTULO VI .....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
6.1. Conclusiones .....	77
6.2. Recomendaciones .....	78



REFERENCIAS ..... 79  
ANEXOS ..... 84

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 .....	29
Tabla 2 .....	36
Tabla 3 .....	42
Tabla 4 .....	43
Tabla 5 .....	46
Tabla 6 .....	47
Tabla 7 .....	49
Tabla 8 .....	50
Tabla 9 .....	51
Tabla 10 .....	56
Tabla 11 .....	59
Tabla 12 .....	64
Tabla 13 .....	72
Tabla 14 .....	74
Tabla 15 .....	75

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.....	27
Figura 2.....	44
Figura 3.....	44
Figura 4.....	45
Figura 5.....	46
Figura 6.....	47

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE POSGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL  
**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Autor: Ing. Cristina Alexandra Ulloa Moreno  
Tutor: Ing. Julio Alberto Pambabay Santacruz, Mg en Ergonomía  
Año: 2023

**RESUMEN**

La presente investigación se enfocó en la estimación de la carga física en actividades laborales realizadas por linieros eléctricos en la provincia de Sucumbíos, Ecuador, debido a que los técnicos del área de mantenimiento en redes de distribución han presentado signos de fatiga y excesiva sudoración después de realizar sus actividades. Por tal motivo se estableció como objetivo evaluar la carga física de trabajo en técnicos de mantenimiento en redes de distribución eléctrica de media y baja tensión en la provincia de Sucumbíos, se utilizó una metodología basada en el enfoque mixto, cualitativo-cuantitativo, de tipo descriptivo, utilizando como instrumento de investigación el índice WBGT (índice de temperatura del globo negro y bulbo húmedo por sus siglas en inglés) para la evaluación del riesgo térmico, de igual forma se estimó el consumo metabólico para establecer el nivel de carga física, mismos que se aplicaron a una población de 30 linieros eléctricos, quienes presentan mayor exposición a altas temperaturas ambientales y esfuerzo físico elevado. Entre los resultados se destacan que los valores medidos del Índice WBGT superan los límites recomendados por la norma ISO 7243 y Reglamento de Seguridad, Higiene y Mejoramiento del Ambiente de Trabajo, D.E. 2393, considerando la exposición de los técnicos a condiciones ambientales con un riesgo de estrés térmico en el lugar de trabajo, así mismo, la mayor parte presentan un consumo metabólico moderado, permitiendo concluir que la estimación del consumo metabólico y el índice WBGT como herramientas de medición ha permitido una evaluación precisa de la exposición de los trabajadores al estrés térmico y la carga física, proporcionando información valiosa para comprender los riesgos laborales y la salud de los trabajadores.

**Palabras clave:** Fisiología humana, Ergonomía, Temperatura del cuerpo, Índice WBGT, Salud Ocupacional

## ABSTRACT

This research focused on the estimation of the physical workload in work activities performed by electrical linemen in the province of Sucumbíos, Ecuador, due to the fact that technicians in the area of maintenance of distribution networks have shown signs of fatigue and excessive sweating after performing their activities. For this reason, the objective was to evaluate the physical workload of maintenance technicians in medium and low voltage electrical distribution networks in the province of Sucumbíos, using a methodology based on a mixed, qualitative-quantitative, descriptive approach, The WBGT index (black globe and wet bulb temperature index) was used as a research instrument to evaluate the thermal risk, and the metabolic consumption was estimated to establish the level of physical load, which was applied to a population of 30 electrical linemen, who are more exposed to high environmental temperatures and high physical effort. The results show that the measured values of the WBGT Index exceed the limits recommended by ISO 7243 and the Safety, Hygiene and Work Environment Improvement Regulation, D.E. 2393, considering the technicians' exposure to environmental conditions with a risk of heat stress in the workplace. 2393, considering the exposure of technicians to environmental conditions with a risk of heat stress in the workplace, likewise, most of them present a moderate metabolic consumption, allowing to conclude that the estimation of metabolic consumption and the WBGT index as measurement tools has allowed an accurate assessment of workers' exposure to heat stress and physical load, providing valuable information to understand occupational risks and workers' health.

**Key words:** Human physiology, Ergonomics, Body temperature, WBGT index, Occupational health

## **CAPÍTULO I.**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Problema de investigación**

Las empresas públicas y privadas han de garantizar un ambiente seguro de trabajo, donde sus colaboradores conozcan el nivel de exposición a ciertos riesgos y estos, a su vez, sean gestionados de forma adecuada y oportuna. Conforme a Narocki (2021), el calor ambiental puede afectar a las personas en algunos puestos de trabajo realizados en ambientes externos, con efectos negativos en la salud (p. 31). Dentro de las innumerables actividades se puede mencionar el mantenimiento de redes eléctricas, desarrolladas a temperatura ambiental alta.

De acuerdo a un informe especial del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2019), indica la existencia de evidencias sobre el aumento en la temperatura media global de 0,20°C por decenio, por ejemplo para el decenio de 2006 a 2015 fue de 0,87°C más alto con respecto a niveles preindustriales (1850-1900), esto genera riesgos relacionados con la variación del clima en el medio natural y por ende en los seres humanos (p. 9). La situación es preocupante dada la exposición directa de los trabajadores a las condiciones ambientales y la presencia de estos escenarios climáticos poco favorables.

Conforme al Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS, 2019) menciona que la exposición de los trabajadores al calor en su medio laboral se conoce como estrés térmico, resultado de la presencia de factores como: las condiciones ambientales de temperatura, la actividad física e incluso el equipo de protección personal y vestimenta utilizada (p. 9). Las condiciones ambientales bajo estas circunstancias son determinantes al momento de evaluar actividades laborales en medios externos, a fin de garantizar el bienestar laboral y la productividad empresarial.

Al respecto, un estudio realizado en Estados Unidos por Tustin et al. (2018) recomienda tomar ciertas precauciones adicionales como: evaluaciones de mayor precisión,



la implementación de planes de aclimatación y capacitación; si existen ambientes de trabajo al aire libre donde se sobrepase el índice de calor  $\geq 29,40^{\circ}\text{C}$ ; esto para prevenir los efectos en la salud y en casos más graves la pérdida de vida de los trabajadores (p. 736). De ahí la importancia de identificar la exposición a estrés térmico durante la jornada laboral, a fin de implementar planes preventivos.

En América Latina, un estudio realizado en Brasil por Ramirio et al. (2021) muestra las diferencias entre los resultados obtenidos en trabajadores aclimatados y no aclimatados, donde los trabajadores aclimatados no excedieron el límite de exposición a calor determinado, mientras los no aclimatados sobrepasaron su límite establecido (p. 3). Al respecto, se evidencia la importancia de determinar periodos de aclimatación al inicio de las labores y considerar la carga física del puesto de trabajo.

En relación a la carga física de trabajo, un estudio realizado, en Colombia, por Marín (2019), indica como los trabajadores en puestos de alta exigencia física pueden presentar cuadros de fatiga durante la ejecución de sus actividades laborales, para lo cual se recomienda establecer cambios a nivel tecnológico y organizacional (p. 95). Puestos de trabajo con una alta exigencia laboral causan afectaciones a nivel de la salud y más si se encuentran expuestos a altos niveles de calor, de ahí la necesidad de realizar estudios para evaluar esta problemática.

Un estudio reciente realizado en la provincia de Esmeraldas, refleja como las actividades de campo, llevadas a cabo por los técnicos del área operativa de generación eléctrica, presentan un valor de índice de WBGT correspondiente a  $30,83^{\circ}\text{C}$ , como valor máximo considerado *con riesgo* (García, 2020, p. 50). La incidencia del estrés térmico por calor en este sector laboral influye de forma directa en la salud del personal operativo, llegando a presentar fatiga.

Conforme al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Lago Agrio 2019-2023, lugar donde se desarrollará la investigación, la temperatura promedio ambiental de la zona oscila entre  $22^{\circ}\text{C}$  y  $26^{\circ}\text{C}$ , así mismo, de acuerdo a las Trayectorias de

Concentración Representativas (RCP por sus siglas en inglés), RCP 4.5 y RCP 8.5, se estima que para el periodo comprendido entre 2016 - 2040 exista un incremento del 0,50°C a 1°C en la mayor parte del cantón, ocasionando que se considere a la amenaza de altas temperaturas como un riesgo de nivel medio (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Lago Agrio, 2019, pp. 540-541). Por tal motivo, se evidencia la necesidad de realizar estudios al respecto permitiendo reducir la exposición de los trabajadores al estrés térmico a nivel local.

De acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo (OIT) se estima que para el 2030, debido al incremento de la temperatura media global, se tendrá una “pérdida de productividad equivalente a 80 millones de empleos a tiempo completo”(OIT, 2019, p. 95). Estas estimaciones permiten visualizar de forma más clara la relevancia del problema en escenarios presentes y futuros no solamente en la productividad, sino además llegar a presentar afectaciones directamente en la salud de los trabajadores.

La presente investigación se enfocará en la estimación de la carga física en actividades laborales realizadas por linieros eléctricos de la provincia de Sucumbíos, Ecuador. Un primer diagnóstico cualitativo permitió evidenciar las molestias de los técnicos del área de mantenimiento en redes de distribución, quienes presentaron signos de fatiga y excesiva sudoración después de realizar sus actividades, así mismo, se pudo observar que se hidrataban de forma irregular, de acuerdo con el ritmo de trabajo, algo similar ocurría con los periodos de descanso o de recuperación requeridos. En cuanto al rendimiento laboral, los trabajadores manifestaron realizar mejor sus actividades en las primeras horas del día y en días poco soleados por el efecto adverso de la temperatura en el sitio de trabajo.

Esta problemática puede llegar a afectar la calidad de vida y la eficacia en la ejecución de las labores de los linieros eléctricos, generando posiblemente, un bajo rendimiento en sus actividades diarias, ausentismo laboral, efectos negativos en su salud. De igual manera, ocasionar malestar en los usuarios del servicio eléctrico, debido sobre todo al incremento del tiempo de respuesta de los técnicos para el mantenimiento o reparación de redes eléctricas, esto podría estar asociado al sobreesfuerzo que deban realizar para cumplir con sus labores,

lo que nos lleva a preguntar ¿Cuáles son las condiciones de exposición a carga física de trabajo de los linieros eléctricos de la provincia de Sucumbíos?

## **1.2 Antecedentes**

En un estudio reciente realizado en una empresa de mantenimiento de trenes en Osaka, Japón durante el mes de agosto del 2022, cuyas condiciones climáticas corresponden a una temperatura exterior media de 28°C y una humedad relativa del 72 %, conforme lo plantea Shimazaki et al. (2022) en su investigación, con la participación de 20 personas de sexo masculino y con la finalidad de prevenir los efectos del golpe de calor, se implementó una metodología donde se incorporó a la estimación del índice WBGT la consideración de signos vitales de cada individuo, al finalizar se evidenció un alto nivel de eficacia del nuevo método y adicional se constató como el beber agua durante la jornada laboral influye favorablemente en la frecuencia cardíaca (pp. 5-7). Este tipo de estudios permiten conocer la incidencia de nuevos métodos en la determinación de factores de riesgo relacionados a la exposición al calor.

Así mismo, un estudio comparativo realizado por Teimori et al. en Irán (2020) durante el verano de 2017 y aplicado a 175 trabajadores en 3 minas a cielo abierto, permitió determinar la relación entre la metodología propuesta en la norma ISO 7243 y el método presentado por la Oficina Australiana de Meteorología para la estimación del índice WBGT; de la comparación se identificaron resultados similares con las dos metodologías destacando el bajo costo y fácil aplicación de la segunda en comparación con la primera (p. 9). Una identificación oportuna de los factores de riesgo con métodos más accesibles puede permitir la implementación de medidas preventivas.

Conforme a una investigación realizada en China, cuyo clima es monzónico templado, se determinó el índice WBGT y la respuesta de exposición al calor de 14 trabajadores aclimatados de una planta industrial y de 16 estudiantes universitarios considerados como no aclimatados, se logró identificar diferencias entre los dos grupos, siendo los trabajadores aclimatados quienes presentaron valores menores en cuanto a los parámetros estudiados y tuvieron una percepción térmica más baja (Meng et al., 2022, p. 11).

En ocasiones, la propuesta de medidas preventivas no lo es todo, si no se aplican normativas que acompañen su implementación.

En un estudio realizado por Phanprasit et al. (2021), con la participación de 168 trabajadores aclimatados al calor pertenecientes al sector de la construcción, se muestra el incumplimiento de la normativa relacionada al calor ocupacional en Tailandia, ubicada en una zona tropical, donde solo el 55% de los trabajadores laboraban en ambientes donde se cumplía con los estándares de prevención y en el porcentaje restante no, presentándose una incidencia en la presencia de síntomas por exposición al calor, indistintamente si se cumplía o no con los estándares establecidos (p. 123). La existencia de normativa poco aplicada o con estándares donde no se garantiza la seguridad de los trabajadores debería ser algo a considerar en el ámbito laboral.

A nivel regional, un estudio realizado en Brasil, indica que por acción del cambio climático se proyectan escenarios climáticos poco favorables, en cuanto al incremento de temperatura por el aumento en la emisión de gases de efecto invernadero, provocando un alto riesgo de estrés térmico en actividades, entre ellas, laborales (De Oliveira et al., 2019, p. 8). Por tal motivo, la adecuación de los puestos de trabajo realizados al aire libre es una acción para considerar en el ámbito laboral requiriendo la implementación de medidas preventivas, como la aclimatación.

De acuerdo a investigaciones recientes realizadas por Luque y Saavedra (2018; 2018) muestran la importancia de la capacitación en el cumplimiento de procesos que impliquen la exposición al calor y la necesidad de la implementación de medidas de rediseño del puesto de trabajo para mejorar las condiciones laborales. La implementación de medidas preventivas o correctivas en los puestos de trabajo donde se identifique exposición al calor deberían considerar la evaluación de las características físicas y ambientales a fin de no sobrepasar los límites de exposición.

Con respecto a los límites de exposición a carga física de trabajo, estudios realizados por Bellochio et al. y Shimazaki et al. (2022; 2022) indican la importancia de la

implementación de la tecnología y la sistematización de la información a través de nuevos métodos para la implementación de parámetros individuales considerando los procesos de la actividad laboral y la sensibilidad específica de cada individuo a fin de reducir la exposición a riesgos. La salud de los trabajadores se puede ver afectada cuando no existe una evaluación adecuada de los factores de riesgo y si no se consideran las patologías previas, de ahí la importancia del desarrollo y aplicación oportuna de acciones preventivas.

Así mismo, Ramirio et al. (2020) realizó un estudio para la estimación del índice WBGT en una actividad de fumigación realizada para el control fitosanitario en una plantación de café, donde se determinó que para los meses de octubre y septiembre era necesario realizar procesos de aclimatación en horarios comprendidos entre las 8:00 y 15:59 al sobrepasar los límites de tolerancia (p. 1426). Acciones como estas permiten la prevención de efectos en la salud de trabajadores expuesto al calor.

En un estudio realizado en Colombia para la determinación del índice WBGT en el área de cocción de una fábrica de bebidas, se encontró como resultados una sobreexposición al calor de los trabajadores con un nivel de  $38,80^{\circ}\text{C}$ , ante lo cual se propuso como medidas iniciales la determinación de los tiempos de exposición y ciclos de trabajado, previo a la implementación de acciones de control en la fuente de emisión para reducir los índices de calor en esta área (Moreno et al., 2021, pp. 50-51). La oportuna identificación y control de riesgos pueden permitir mejorar las condiciones laborales y prevención de futuras enfermedades.

A nivel nacional, en una tesis realizada en la ciudad de Ambato, titulada *Índice de sobrecarga térmica y su incidencia en la salud laboral de los trabajadores del sector de fabricación de confites*, se concluyó que la sobreexposición a estrés térmico está relacionado con algunos factores propios de cada individuo, como: “variantes antropométricas, condiciones termohigrométricas ambientales, así como también de la hidratación y aclimatación de determinada persona” (Rosero, 2018, p. 58). Esto incide en la variación de los resultados obtenidos dependiendo de la metodología a implementar, siendo necesario considerarlas al momento de analizar la información obtenida en la investigación.

En un estudio realizado en Puyo, aplicado a 10 trabajadores de una fábrica de tableros contrachapados a fin de evaluar el riesgo por estrés térmico, se obtuvo como resultado un índice WBGT por debajo de lo establecido por la norma ISO 7243, relacionando esto a la incidencia de realizar adecuados procesos de aclimatación y contar con niveles bajos de cargas térmicas metabólicas en los procesos identificados (Gutiérrez et al., 2018, p. 142). La implementación de planes de aclimatación en procesos que implican la exposición al calor son necesarios para la prevención de patologías asociadas.

A nivel local, en la tesis realizada por Herrera (2018), en Sucumbíos, titulada: *Evaluación del estrés térmico por calor en el taladro de reacondicionamiento de pozos petroleros para la mejora de la calidad de vida de la cuadrilla de la empresa Triboilgas Cía. Ltda.*, se logró identificar la existencia de puestos de trabajo con un alto índice WBGT, asociados a los profesiogramas donde se presenta mayor tiempo de exposición al calor en ambientes externos, por lo que, se sugiere la implementación de medidas preventivas, como el uso de chalecos refrigerantes (p. 138). La oportuna detección de la presencia de ciertos factores de riesgo relacionados a la exposición al calor permite realizar adecuados planes de vigilancia de la salud y la implementación de medidas que reduzcan los niveles de exposición.

### **1.3 Objetivos de la investigación**

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

Evaluar la carga física de trabajo en técnicos de mantenimiento en redes de distribución eléctrica de media y baja tensión en la provincia de Sucumbíos.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

1. Explicar las bases teóricas sobre la carga física de trabajo y la determinación de tiempos de trabajo y reposo.
2. Calcular la carga física de trabajo en actividades de mantenimiento en redes de distribución por medio de la estimación del consumo metabólico y del índice WBGT con base en metodologías internacionales aplicables.



3. Proponer un sistema de trabajo-descanso de acuerdo con los resultados de la investigación que permita prevenir la aparición de la fatiga en los trabajadores expuestos.

#### **1.4 Justificación**

De acuerdo a las condiciones ambientales, existen puestos de trabajo con entornos climáticos controlados; sin embargo, otros sectores deben realizar sus actividades laborales en condiciones que exceden la capacidad de tolerancia al calor (ISTAS, 2019, p. 5). Las actividades de mantenimiento en redes de distribución eléctrica, por lo general, se realizan en ambientes externos y en presencia de la radiación solar, lo que implica la exposición de los linieros a condiciones climáticas adversas.

Así mismo, las exigencias físicas en la jornada laboral obligan a los trabajadores a realizar sobreesfuerzos para el cumplimiento de sus actividades, sobrepasando su capacidad individual y la consecuente aparición de fatiga muscular (Falagán et al., 2000, p. 387). Estudios previos indican la existencia de porcentajes considerables de afectaciones asociadas a la exposición a altas temperaturas en actividades laborales realizadas al aire libre y en algunos casos con desenlaces fatales (Tustin et al., 2018, pp. 734-735). Esto demuestra que la salud de los trabajadores puede estar comprometida por la exposición a factores de riesgo asociados al calor y esfuerzo físico, afectando directamente su rendimiento laboral.

Las actividades laborales con mayor índice WBGT son aquellos que tiene mayor tiempo de exposición a ciertos factores ambientales extremos como altas temperaturas (Herrera, 2018, p. 138). Por tal motivo, se debería considerar la capacitación del trabajador acerca de la exposición a este tipo de factores de riesgo laboral a fin de evitar una sobreexposición a los mismos.

El presente estudio está enmarcado en el proyecto de investigación ANÁLISIS DE AFECTACIONES PATOLÓGICAS POR EXPOSICIÓN LABORAL Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN EN EL ECUADOR 2022 – 2023, y se encuentra dentro de la línea de investigación: Bienestar y Salud Integral.

La investigación se realizó con la participación de 30 linieros eléctricos de la provincia de Sucumbíos, Ecuador; quienes fueron los beneficiarios directos de la evaluación de carga física y sus resultados permitieron establecer un plan preventivo enfocado a controlar y mitigar los efectos adversos asociados con el estrés térmico, que permitió proponer medidas de control de tipo organizacional.

La problemática fue abordada desde un enfoque cuantitativo y permitió realizar una caracterización inicial de los linieros eléctricos en la provincia de Sucumbíos, Ecuador. Así mismo, se identificaron las tareas y actividades ejecutadas por los técnicos, con la finalidad de estimar el consumo metabólico e índice WBGT a los cuales están expuestos, con el uso de un medidor de estrés térmico y la aplicación de las metodologías propuestas por las normas ISO 8996 e ISO 7243. Por último, se propuso un sistema de trabajo – descanso que permitió mejorar los procesos y prevenir afectaciones en la salud de los trabajadores conforme a la normativa nacional vigente. El estudio se orientó hacia la incorporación de medidas organizacionales para mejorar las actividades realizadas por los empleados, con el fin de optimizar las condiciones ergonómicas en el lugar de trabajo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1. Marco Teórico**

##### ***2.1.1. Ergonomía***

Conforme a la Asociación Internacional de Ergonomía (EIA por sus siglas en inglés) define a la ergonomía como “la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema [...]” (Asociación Internacional de Ergonomía, 2000).

Así mismo, Garnica y Cruz (2011) afirman que la ergonomía es el estudio de factores presentes en el entorno que influyen en la interrelación hombre – artefacto (p. 34). Queda claro que al hablar de ergonomía se refiere al ser humano y la relación con su entorno en el ámbito laboral como una alternativa para prevenir afectaciones en el trabajador y mejorando el rendimiento a nivel empresarial.

Existen autores como Dul et al. (2012) quienes consideran el factor humano/ergonómico desde un enfoque holístico basado en aspectos de la persona, el entorno, el nivel dentro del sistema y el contexto máximo del ser humano. Esto llevaría a un mejor nivel comprensión de las condiciones en la que los trabajadores realizan sus actividades laborales.

##### ***2.1.2. Riesgos Ergonómicos***

Los riesgos ergonómicos o riesgos disergonómicos están relacionados a la inadecuada gestión en el trabajo, desencadenando Trastornos Musculoesqueléticos (TME) asociados a la intensidad de las actividades que se realizan (CENEA, 2023). Este tipo de riesgos en ocasiones no son visibilizados a nivel laboral, posiblemente porque sus efectos aparecen a mediano o largo plazo, por lo que este tipo de evaluaciones son poco frecuentes.

Para una evaluación ergonómica es necesario considerar el uso de diferentes técnicas e instrumentos como: cuestionarios, escalas, observación, entrevistas, diversos métodos como RULA, REBA u otros con los cuales se procesa una la evaluación de la postura individual; se debe considerar el objeto de estudio (Sebastián, 2016, p. 178). Por consiguiente, es necesario aplicar metodologías validadas para garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos.

Así mismo, de una evaluación ergonómica se obtiene información sobre los peligros existentes, identificación de trabajadores expuestos, organización de la empresa, características del puesto de trabajo, entre otros, debido al análisis detallado de horarios, tareas, actividades extralaborales y antecedentes ocupacionales del trabajador (Maestre, 2017, p. 23). Esto a su vez, permite tener un conocimiento generalizado de la situación actual de la empresa y los trabajadores frente a los riesgos existentes, permitiendo mejorar el proceso de investigación.

### ***2.1.3. Carga física de trabajo***

La carga de trabajo es un “esfuerzo empleado para satisfacer las demandas, percibidas como necesarias, para cumplir con un propósito” (Sebastián, 2016, p. 81).

La carga física de trabajo es la respuesta del organismo a diferentes condiciones laborales, las mismas que varían dependiendo de la capacidad física de cada trabajador (INSHT, 2015, p. 6). Por tal motivo, las medidas de control y de evaluación deberían implementarse teniendo en consideración estas particularidades.

Conforme a Maestre (2017), la carga física de trabajo está relacionada directamente con las exigencias físicas labores donde intervienen los diferentes tipos de trabajo a nivel muscular, ya sean estos dinámicos o estáticos (p. 35).

La carga física de trabajo se relaciona con el esfuerzo físico realizado por el trabajador en el cumplimiento de sus actividades laborales y depende en gran manera de las capacidades

propias del individuo, por lo cual sería necesario considerar las características individuales a fin de establecer una estimación apropiada mediante la aplicación de metodologías indicadas en las normas ISO 8996 e ISO 7243.

#### ***2.1.4. Trabajo muscular***

En el cumplimiento de una actividad laboral el trabajador requiere ejecutar ciertas demandas físicas, generando dos tipos de trabajo muscular, uno producto de la contracción y estiramiento rítmico de los músculos denominado como trabajo dinámico y otro producido por la contracción mantenida durante un tiempo conocido como trabajo estático (INSHT, 2015, p. 7).

El trabajo muscular es un requerimiento indispensable para el desarrollo de actividades dinámicas, estáticas o mixtas y se deberían considerar para el conocimiento de la actuación del trabajador en el cumplimiento de sus actividades, incluso en ocasiones realizando esfuerzos que sobrepasan sus capacidades.

La carga estática está relacionada con las posturas y en esta los músculos entran en un estado de desequilibrio debido a la contracción y relajación muscular para no generar movimiento corporal, es decir, en el trabajo estático la contracción de los músculos se mantiene por un cierto tiempo (Maestre, 2017, p. 35). Conforme a Bestratén et al. (2008) el trabajo estático produce algunos desechos en el organismo como dióxido de carbono y ácido láctico producto de la falta de oxigenación y uso del medio anaeróbico para obtener energía, estos desechos al no ser eliminados producen dolor agudo, característico de la fatiga muscular (p. 176).

Para el INSHT (2015), el trabajo estático está relacionado con la aparición de afectaciones al corazón, debido al esfuerzo que debe realizar el organismo para el envío de nutrientes y oxígeno a los músculos contraídos aumentando la frecuencia cardiaca (p. 8). El trabajo estático podría llegar a considerarse como poco dañino, pero es evidente como

actividades de este tipo, pueden llegar a afectar el bienestar y la salud del trabajador, incluso, llegando a comprometer su vida.

Por el contrario, el trabajo dinámico resulta de la contracción y relajación constante de los músculos permitiendo el movimiento en el trabajador (Maestre, 2017, p. 35). Así mismo, conforme al INSHT (2015), para la evaluación del trabajo dinámico se debe considerar la estimación de la energía consumida o demanda en la ejecución de la actividad y para esto se considera el consumo de oxígeno o la frecuencia cardiaca del individuo (p. 9).

Por otro lado, al ser un trabajo en movimiento se propicia la irrigación continua del músculo permitiendo una mejor circulación sanguínea y eliminación de residuos producidos, por lo que la máxima capacidad muscular del trabajador se relaciona con la cantidad de oxígeno que puede obtener durante su actividad laboral considerando su máxima potencia aeróbica y esta a su vez se condicionará por la carga de trabajo que implique dicha actividad (Bestratén et al., 2008, p. 177).

Si bien el trabajo dinámico permite una mejor oxigenación de los músculos y favorece la circulación sanguínea, la falta de control en cuanto a las capacidades o limitaciones del trabajador para responder a las exigencias de una determinada actividad laboral, puede generar una sobreexposición a condiciones de intenso esfuerzo físico afectando la salud de la persona.

#### ***2.1.5. Postura de trabajo***

La postura de trabajo, “es la puesta en posición de una o varias articulaciones, de forma mantenida durante un tiempo determinado, [...], alineación refinada del cuerpo en equilibrio” (Maestre, 2017, p. 37). Conforme a Cruz y Garnica (2011), “las posiciones erguida o sedente son las más usuales, aprendidas o no, son utilizadas para desplazamiento, descanso y actividad” (p. 57). A nivel laboral se consideran también las posiciones en cuclillas y de rodillas.



Las posturas de trabajo, de acuerdo al INSHT (2015) pueden ser evaluadas “por observación, mediante fotografías o vídeos, con sistemas de medida tridimensionales optoelectrónicos o ultrasonidos, o con dispositivos de medida acoplados al cuerpo, como inclinómetros y goniómetros” (p. 37). La selección de los métodos o técnicas a utilizar dependerá, en gran medida, de la precisión requerida para dicha evaluación y de los objetivos del estudio.

### ***2.1.6. Esfuerzo en el trabajo***

El esfuerzo es “el empleo enérgico de la fuerza física contra algún impulso o resistencia o empleo enérgico del vigor o actividad del ánimo para conseguir algo venciendo dificultades” (Maestre, 2017, p. 38). Así mismo, el trabajador al aplicar un esfuerzo para realizar actividades físicas, estas van a estar condicionadas por las capacidades particulares del individuo.

Los esfuerzo físicos, de acuerdo a lo manifestado por Bestratén et al. (2008), deben ser de forma natural, sin sobrepasar los límites fisiológicos del individuo manteniendo los principios ergonómicos (p. 269).

Las capacidades o limitaciones del trabajador para realizar diferentes tipos de esfuerzos deberían ser consideradas al realizar una estimación de la carga física a fin de obtener resultados confiables, permitiendo establecer medidas de control más efectivas y reduciendo los niveles de exposición.

#### **2.1.6.1 Fatiga y esfuerzo en el trabajo.**

Se puede entender a la fatiga “*como una sensación de claudicación y disminución de las capacidades para hacer frente a una exigencia, como consecuencia, generalmente, de un esfuerzo físico o psíquico*” (Sebastián, 2016, p. 142). Conforme a Bestratén et al. (2008) la fatiga muscular es la disminución de la capacidad de un trabajador después de haber realizado una actividad y se denota con una sensación de malestar en el individuo y un bajo rendimiento

tanto en calidad como en cantidad, esto dependerá de las características propias, de las condiciones de trabajo y otras situaciones presentes.

De acuerdo a la OIT (2019, p. 18) los trabajos con mayor exigencia en cuanto a esfuerzo físico serán los más afectados por el incremento de calor a nivel mundial, debido a la generación de calor interno producto de la actividad física, por lo que algunos trabajos serán más afectados que otros.

Al ser la fatiga el resultado de una sobreexposición a actividades con grandes esfuerzos sería importante considerar un control efectivo de los mismos para prevenir los denominados TME en los trabajadores, recuperable únicamente con el reposo, a fin de evitar el absentismo y bajo rendimiento laboral para la empresa.

#### ***2.1.7. Ambiente térmico***

Conforme a la OIT (2019), las predicciones sobre el aumento de calor indican que los fenómenos climáticos extremos y el estrés térmico se convertirán en eventos habituales, generando afectaciones en la salud de las personas expuestas, siendo imperante la adopción de medidas adaptativas conforme a las necesidades actuales promoviendo un desarrollo sostenible (p. 13).

Existen ciertas condiciones ambientales del entorno de trabajo que influyen significativamente para la aparición del estrés térmico en trabajadores, estos son: la temperatura del aire donde se determina el grado de calor en un momento y lugar específico, la humedad relativa que dificulta la admisión de la evaporación del sudor en el aire, la temperatura radiante representado por el intercambio de calor entre la fuente y el receptor y el movimiento del aire que ayuda a reducir el estrés térmico (ISTAS, 2019, pp. 9, 10).

El ambiente térmico de un puesto de trabajo está condicionado por las variables termohigrométricas presentes y su relación con el tipo de actividad laboral a realizar ya sea esta sedentaria, moderada o intensa, las características propias del individuo y su vestimenta de trabajo haciendo más o menos aceptable el ambiente para un determinado trabajador (Bestratén et al., 2008, p. 97).

Un ambiente térmico excesivo presente en el área de trabajo puede condicionar el adecuado desempeño laboral generando fatiga en el trabajador y produciendo posibles afectaciones a causa de la sobrexposición a este tipo de factores ambientales.

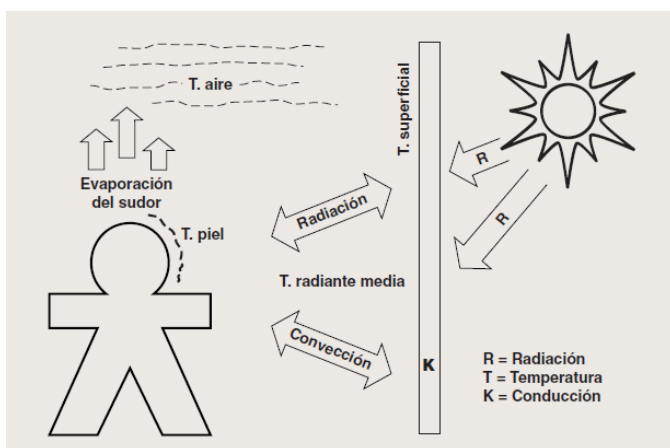
La evaporación del sudor se ve condicionada por la presencia en el ambiente de la humedad relativa, así “en la medida que un ambiente contenga mayor humedad, el sudor se convierte en un medio menos efectivo para disipar el calor corporal” (ISTAS, 2019, p. 10). La sudoración juega un papel importante para mantener una temperatura corporal ideal y más aún la evaporación del sudor, de esto depende la termorregulación del organismo y su adecuado funcionamiento, previniendo el estrés térmico en los trabajadores.

### 2.1.7.1. Balance térmico.

Conforme a la OIT (2019) para mantener un equilibrio en la temperatura del cuerpo, es decir, de aproximadamente  $37^{\circ}\text{C}$  es necesario un adecuado intercambio del calor entre el cuerpo del individuo y el ambiente (p. 17). Como se puede observar en la Figura 1, el balance térmico es el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y el disipado al ambiente, considerando al aumento de  $1^{\circ}\text{C}$  por encima del límite de  $37^{\circ}\text{C}$  como un riesgo para una deshidratación excesiva o el incremento térmico (Bestratén et al., 2008, pp. 98-100).

**Figura 1**

#### *Balance Térmico Corporal*



*Nota.* La figura representa el balance térmico del cuerpo humano donde el calor producido más el calor ganado del ambiente debe ser igual al calor disipado. Reproducido de *Ergonomía* (p. 100), Fuente: Bestratén et al., 2008, INSHT (<https://n9.cl/a1bab>).

Considerar las diferentes variables a fin de mantener un balance térmico del organismo en los seres humanos nos llevará a comprender la importancia del ambiente laboral donde se desarrollan las actividades del puesto de trabajo, siendo determinante su influencia positiva o negativa en el rendimiento para un trabajador, asociado a la aparición de fatiga por exposición a ambientes extremadamente calurosos o la presencia de sobrecarga de trabajo.

#### **2.1.7.2. Termorregulación.**

La termorregulación es un proceso a cargo del hipotálamo, alojado en el cerebro, donde se producen diferentes mecanismos dependiendo si la información recibida indica frío o calor, en el caso del último se aplican mecanismos de disipación de calor como la vasodilatación, el aumento de la producción de sudor, la falta de apetito y la apatía (Bestratén et al., 2008, p. 101).

Según datos de la OIT (2019) las personas con el pasar de los años sufren cambios en los procesos de regulación de la temperatura corporal, a esto se suma, el aumento del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en personas mayores de 50 años (p. 15).

Así mismo, la OIT (2019) indica que sobrepasado cierto umbral de estrés térmico, la función de regulación de la temperatura corporal se pierde y esto puede afectar la capacidad física de la persona e incluso provocar efectos en la salud, desde muy leves como afectaciones en la piel hasta la muerte por hipertermia producida por el exceso de calor (p. 17).

Este tipo de factores se deberían considerar al momento de diseñar los puestos de trabajo o al implementar adaptaciones que contribuyan a reducir los efectos por sobre la salud del trabajador considerando que, en ocasiones estas particularidades se desconocen o no se toman en cuenta cuando se gestionan los riesgos presentes en el trabajo.

#### **2.1.8. Condiciones ambientales**

En la tabla 1 se detallan algunos de los conceptos relacionados a condiciones ambientales y ambiente de trabajo:

**Tabla 1**

*Conceptos sobre condiciones ambientales*

TÉRMINO	CONCEPTO
Temperatura en el ambiente laboral	Se considera a la que tiene el aire que rodea al trabajador en un momento determinado y dependiendo de la temperatura corporal la piel gana o cede calor produciendo un intercambio conocido como convección; por otro lado, cuando el intercambio se produce por la presencia de otras superficies en el área de trabajo se conoce como intercambio por radiación. <sup>a</sup>
Actividad de trabajo	Está determinada por la suma del metabolismo basal y el consumo metabólico del trabajo; para el caso del primero se considera la talla, el peso y el sexo del trabajador en un estado de descanso total, se le asigna un valor de 45W/m <sup>2</sup> ; para el segundo se considera el esfuerzo para realizar la tarea y este puede ser determinado a través de tablas con valores determinados de potencia, medición de oxígeno consumido o por medio de la variación de la frecuencia cardiaca. <sup>b</sup>
Vestimenta	Influye en el balance térmico por su capacidad aislante, conocida como resistencia térmica del vestido, medida en unidades llamadas CLO, donde 1 CLO es igual a 0,155 °Cm <sup>2</sup> /W, mientras más resistencia tenga la vestimenta más difícil es la eliminación de calor para el cuerpo. <sup>c</sup>
Confort térmico	“Sensación neutra respecto al ambiente térmico.” <sup>d</sup>
Corrección de las condiciones	Es necesario el control de las variantes ambientales y la implementación de algunas medidas para la reducción del consumo metabólico, estas son: la rotación del personal, aumento de pausas, reducción del ritmo de trabajo, automatización del proceso e incluso considerar la vestimenta que se usa para la ejecución del trabajo. <sup>e</sup>
Estrés térmico	La variación en la temperatura corporal normal (37°±1) produce el riesgo por estrés térmico, así si este es positivo se genera un incremento en la temperatura y sudoración excesiva. <sup>f</sup>
Reacción del cuerpo al estrés térmico	Considerando que la sudoración es el único mecanismo corporal para el control de la temperatura, al mismo tiempo, esto disminuye la producción de orina llegando a un estado de deshidratación ocasionando otras afectaciones como agotamiento, golpe de calor o el síncope. <sup>g</sup>

*Nota.* <sup>a</sup>Bestratén et al. (2008, p. 102). <sup>b</sup>Bestratén et al. (2008, p. 104). <sup>c</sup>Bestratén et al. (2008, p. 105). <sup>d</sup>Bestratén et al. (2008, p. 101). <sup>e</sup>Bestratén et al. (2008, p. 113). <sup>f</sup>Bestratén et al. (2008, p. 98). <sup>g</sup>Bestratén et al. (2008, p. 215). Fuente: <https://n9.cl/a1bab>

Dentro de las condiciones ambientales presentes en el área de trabajo se consideran otras variables como: la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento, entre otras.

En relación a la “*humedad relativa*”, (ISTAS, 2019), condiciona el proceso de enfriamiento corporal porque influye directamente sobre la evaporación del sudor, cuando mayor es la humedad relativa menos eficiente es el mecanismo de la sudoración como método para enfriamiento del cuerpo.

En cuanto a la velocidad del viento, ISTAS (2019), manifiesta como contribuye a la disipación del calor por convección, pero si la temperatura del aire es mayor a la temperatura de la piel o supera los 35°C, puede no ser efectivo (p. 10). Las condiciones ambientales presentes en el puesto de trabajo logran ser determinantes para propiciar la presencia de fatiga en el trabajador y sobre todo influir en la aparición de enfermedades producidas por una sobreexposición al calor.

#### ***2.1.9. Actividades del trabajo (Metabolismo)***

Existen algunos factores que pueden influir en la carga de calor metabólico, como el nivel de aclimatación, la condición física y otras características individuales que pueden mejorar o empeorar la respuesta física de la persona (ISTAS, 2019, p. 11). La presencia de estos factores condiciona que los estudios se realicen de forma individualizada considerando las particularidades de cada puesto de trabajo, pero también de las características personales del trabajador que pueden influir significativamente en la investigación.

#### ***2.1.10. Vestimenta***

Conforme a Garnica y Cruz (2011) la vestimenta requiere acoplarse a las características climáticas de la zona, tanto en el material del cual son elaborados, como en el color seleccionado; así, ciertos materiales y colores serán más usados en climas fríos y otros en climas cálidos (p. 144). Este factor podría influir en el balance térmico de las personas cuando realizan una actividad laboral, motivo por el cual, sería necesario considerar el tipo

de ropa dentro de la evaluación de carga de trabajo, analizando la influencia a tener para impedir la libre disipación del calor corporal hacia el ambiente.

#### ***2.1.11. Confort térmico***

Se habla de confort cuando el trabajador desempeña sus funciones en un ambiente controlado adecuado para su buen desempeño mejorando positivamente la productividad de la empresa (Garnica & Cruz, 2011, p. 155). Esto se refleja en mejor calidad de vida para el trabajador y mayores ingresos económicos para la empresa, siendo esta una variable determinante a fin de identificar la afectación de un trabajador en específico por exposición a ciertas condiciones ambientales térmicas, para modificar la sensación térmica neutra y formen malestar o disconfort térmico.

#### ***2.1.12. Estrés térmico***

El estrés térmico se considera a futuro como un fenómeno habitual, donde el individuo está expuesto a un exceso de calor sobrepasando los límites soportados por el cuerpo sin llegar a reducir sus capacidades fisiológicas (OIT, 2019, p. 13).

Este incremento puede llegar a producir graves afectaciones en la salud de los trabajadores expuestos, afectando su rendimiento e incrementando el nivel de riesgo de accidentes laborales.

Conforme a la OIT (2019, p. 17) el cuerpo tiene reacciones diversas cuando se sobrepasa el umbral de estrés térmico desde molestias y reducción en las capacidades físicas hasta lesiones, enfermedades leves como sarpullido, calambres y agotamiento, graves como la hipertermia con un alto riesgo de muerte. Haciendo necesario la implementación de medidas preventivas que reduzcan el riesgo de la aparición de este tipo de afectaciones a la salud de los trabajadores.

Conforme a Alvear (2021, p. 160), la hidratación es básica en situaciones de estrés térmico por calor, debido al aumento del flujo sanguíneo en la piel, esto sumado a la actividad

física agrava la condición de la persona pudiendo llegar a producir el golpe de calor, si la persona se encuentra deshidratada. Esto indica una incidencia de ciertos factores presentes en el área de trabajo causantes posiblemente de los problemas en la salud de los trabajadores expuestos a estas condiciones.

En relación a las características propias del individuo, Maestre (2017) muestra respecto de la capacidad física de trabajo, esta será influenciada por algunos aspectos físicos y mentales, en el caso de los primeros se considera la edad, el sexo y la constitución física y respecto de los aspectos mentales los factores individuales y psíquicos (p. 36). Todos estos aspectos por considerar como variables dentro de la evaluación de carga física de trabajo.

De acuerdo a la OIT (2019) las personas de edad avanzada son más propensas a sufrir afectaciones por la exposición a altas temperaturas, afectando la regulación de la temperatura corporal y en personas mayores de 50 años incrementando el riesgo de enfermedades cardiovasculares (pp. 3, 15). Esto se debería considerar a la hora de proponer medidas preventivas.

#### **2.1.12. Determinación del índice WBGT - ISO 7243**

Conforme a la Organización Internacional de Normalización la temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT por sus siglas en inglés) es *“el índice simple del entorno que se considera junto con la tasa metabólica para evaluar el potencial de estrés por calor entre las personas expuestas a condiciones de calor”* (ISO, 2017, p. 1).

En la metodología indicada por la norma ISO 7243 se consideran tres variantes para determinar el índice WBGT: las características del ambiente para la transferencia de calor entre el ambiente y el cuerpo; la producción de calor interno en el cuerpo debido a la actividad física y, por último; y el aislamiento relacionado con el vestuario que influye en la transferencia de calor del cuerpo con el ambiente (ISO, 2017, p. 2).



Conforme a la norma ISO 7243, en situaciones de exposición a la radiación solar se debe considerar la siguiente fórmula:

$$WBGT = 0.7 \times THN + 0.2 \times TG + 0.1 \times TA \quad (1)$$

Donde:

THN: es la temperatura natural del bulbo húmedo, expresada en grados centígrados.

TG: es la temperatura del globo, en grados centígrados, obtenida de un sensor ubicado en el interior del globo color negro mate y diámetro de 150mm.

TA: es la temperatura del aire, en grados centígrados.

Así mismo, conforme a Ortega (2022), las mediciones requieren realizarse a la altura del abdomen por una hora y durante las condiciones más desfavorables para el trabajador, asumiendo que si en esas condiciones no se identifica estrés térmico, no se identificará en el resto de la jornada; en caso de situaciones donde exista variación del lugar de trabajo y por ende de la exposición del trabajador se debe ponderar en el tiempo el índice WBGT, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$WBGT = \frac{(WBGT_1 \times t_1) + \dots + (WBGT_n \times t_n)}{t_1 + \dots + t_n} \quad (2)$$

### 2.1.13. Gasto metabólico - ISO 8996

Conforme a la norma ISO 8996 (2021), la tasa metabólica “*mide el gasto energético de la carga muscular y da una estimación cuantitativa de la actividad*” (p. 5). De este modo, se hace una aproximación del gasto metabólico por actividad realizada considerándose como un factor importante para establecer la exposición a estrés térmico.

#### Estimación del consumo metabólico a través de tablas

De acuerdo a esta norma, el gasto metabólico se puede determinar a través de cuatro métodos, cada uno con diferente complejidad y con distintos porcentajes de incertidumbre (ISO, 2021, p. 2). Así, se consideran cuatro niveles para la estimación del gasto metabólico:

**Nivel 1 – Cribado:**

Es un método sencillo que consiste en determinar el consumo metabólico de acuerdo con el tipo de actividad a la que se dedica el trabajador.

**Nivel 2 – Observación:**

Es un método donde se aplica un estudio de tiempos y movimientos para caracterizar los procedimientos que se realizan y se calcula la tasa metabólica promedio ponderada en el tiempo.

**Nivel 3 – Análisis:**

Es un método dirigido a personas con conocimiento en salud ocupacional y ergonomía. Se considera el registro de la frecuencia cardíaca durante un periodo representativo y se lo relaciona con valores preestablecidos en condiciones controladas.

**Nivel 4 – Experiencia:**

Se requieren mediciones precisas realizadas por expertos, se consideran 3 metodologías:

**Método 4A.** Se mide el consumo de oxígeno durante periodo de 10 a 20 min.

**Método 4B.** Agua doblemente marcada, caracteriza la tasa metabólica media durante periodos de 1 a 2 semanas.

**Método 4C.** Calorimetría directa.

**2.1.14. Régimen de trabajo – descanso**

El tiempo de las pausas o descansos programados o voluntarios realizados por el trabajador para no fatigarse se consideran parte de la ergonomía temporal, para lo cual se requiere de una participación activa de los individuos (Bestratén et al., 2008, p. 282). Permitir al trabajador participar en el establecimiento de tiempos de trabajo y descanso puede llegar a motivarlos en el cumplimiento efectivo de sus actividades laborales y prevenir la aparición de afectaciones en su salud, por lo tanto, será importante sean identificados los ciclos de trabajo y descanso.

Los ciclos de trabajo según Kanawaty (1996) están compuestos por una serie de elementos continuos que se realizan para obtener un producto final, empieza con el primer elemento de la actividad y termina cuando este se vuelve a repetir (p. 297). La observación es el método utilizado para el control de tiempo de cada uno de estos ciclos para optimizar los procesos y prevenir la fatiga laboral.

Ahora bien, considerando el descanso como el tiempo necesario de recuperación del trabajador para continuar con la tarea, este juega un papel importante a la hora de realizar una actividad laboral, sin generar una afectación en la salud del trabajador o reducción respecto de su rendimiento.

#### ***2.1.15. Aclimatación***

Conforme a ISTAS (2019) la aclimatación es un proceso gradual, comprende un periodo de 2 a 6 semanas durante las cuales se recomienda la realización de actividad física varias horas al día, pero para alcanzar una aclimatación completa se requiere de un proceso a largo plazo e incluso se puede llegar a perder tras unas cuantas semanas sin exposición (p. 19).

Así mismo, la OIT (2019) habla sobre la aclimatación haciendo referencia a que en temporadas donde se presentan temperaturas extremas en ciertos países esta llega a ser insuficiente sobrepasando los límites esperados y causando, de igual manera, una exposición del trabajador a temperaturas elevadas (p. 17). Por tal motivo, el control de la temperatura y del tiempo de exposición juegan un papel importante como medidas preventivas.

## **2.2 Marco Legal**

### ***2.2.1. Constitución de la República del Ecuador***

El derecho a un trabajo digno y seguro es promovido desde la Constitución de la República del Ecuador, asegurando así a los trabajadores un completo estado de bienestar al desarrollar sus actividades laborales en ambiente sano donde se proteja su salud y bienestar (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

### 2.2.2. Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

Por su parte, la Comunidad Andina de Naciones (CAN) evidencia la necesidad de una identificación oportuna y el control de los factores ambientales en entornos laborales como una alternativa primordial para evitar el daño en la salud de los colaboradores, permitiéndole al trabajador gozar de una buena salud dentro de entorno laboral y garantizar a futuro una buena calidad de vida (Comunidad Andina de Naciones, 2008)

### 2.2.3. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo 2393.

En este Reglamento denominado como el Decreto Ejecutivo 2393, se establecen los límites máximos de la Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (TGBH) y se regulan los periodos de actividad de acuerdo al nivel de TGBH identificado y el tipo de actividad a realizar, considerando si es liviana, moderada o pesada, como se indica en la Tabla 2, donde dichas determinaciones tienen la finalidad de evitar la sobreexposición del trabajador a condiciones ambientales de temperaturas extremas (Decreto Ejecutivo 2393, 1986).

**Tabla 2**

*Carga de trabajo*

TIPO DE TRABAJO	LIVIANA	MODERADA	PESADA
	Inferior a 200 Kcal/hora	De 200 a 350 Kcal/hora	Igual o mayor 350 Kcal/hora
Trabajo continuo	TGBH = 30.0	TGBH = 26.7	TGBH = 25.0
75% de trabajo, 25% descanso cada hora.	TGBH = 30.6	TGBH = 28.0	TGBH = 25.9
50% trabajo, 50% descanso, cada hora.	TGBH = 31.4	TGBH = 29.4	TGBH = 27.9
25% trabajo, 75% descanso, cada hora.	TGBH = 32.2	TGBH = 31.1	TGBH = 30.0

*Nota. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, art. 54 (Decreto Ejecutivo 2393, 1986). Fuente: <https://n9.cl/fg93b>*

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Descripción del área de estudio/ Grupo de estudio**

La investigación se llevó a cabo en una empresa de distribución y comercialización de electricidad, ubicada en la región amazónica del Ecuador, específicamente en la provincia de Sucumbíos. Las mediciones se realizaron en el cantón Lago Agrio, lugar donde se llevan a cabo las principales actividades de mantenimiento de redes eléctricas y donde se encuentra concentrada la mayor cantidad de técnicos desempeñando ese puesto. Al respecto, conforme al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Lago Agrio 2019 – 2023, la temperatura promedio de la zona oscila entre 22°C y 26°C y existen proyecciones climáticas donde se evidencia un incremento a futuro (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Lago Agrio 2019 - 2023, 2019).

Para el desarrollo del estudio, se consideró al área de mantenimiento en redes de distribución, encargada de realizar diversas actividades, como: cambio y colocación de postes en mal estado, reposición de líneas (cables) por daños, cambio de transformadores de diferentes capacidades, reposición de partes obsoletas para mejoramiento del servicio eléctrico, entre otras.

Los técnicos del área de mantenimiento en redes de distribución eléctrica fueron objeto del presente estudio para la evaluación de la carga física de trabajo. Por tal motivo, se consideraron criterios de inclusión y exclusión para la participación dentro de la investigación a fin de garantizar la obtención de datos y resultados confiables. Como criterios de inclusión se consideró la pertenencia de los trabajadores al área de mantenimiento de redes y tener una antigüedad de al menos 6 meses en la empresa; por otra parte, como criterio de exclusión el no haber firmado el consentimiento informado.

### 3.2 Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación tuvo un enfoque mixto, es decir fue de tipo cualitativo y cuantitativo. Conforme a Otero (2018) el enfoque mixto consiste en el manejo de datos tanto cualitativos como cuantitativos, con la finalidad de tener puntos de vista desde una perspectiva subjetiva y objetiva respectivamente, permitiéndole al investigador realizar un análisis amplio del tema a tratar. Esto con la finalidad de realizar un abordaje minucioso de la problemática a investigar y un análisis holístico del objeto de estudio.

Al principio, se realizó la investigación con un enfoque cualitativo, se hicieron vistas en campo cuando los técnicos de mantenimiento estuvieron realizando sus labores a fin de constatar mediante la observación cómo se llevan a cabo los procesos de trabajo e indagar cuál es la incidencia de la carga física y estrés térmico, desde la perspectiva de los trabajadores, en el desarrollo diario de sus actividades.

Por otro lado, el estudio tuvo un enfoque cuantitativo, donde inicialmente, se realizó un levantamiento de información de los participantes a fin de caracterizar a la población de estudio a través de una ficha de datos, de igual manera, se aplicó la fuente de validación SOFI-SM para determinar el nivel de fatiga laboral que tenga el trabajador al finalizar su jornada (Sebastián et al., 2008).

Posteriormente, se aplicó la metodología de la norma ISO 7243 para la evaluación del estrés térmico mediante la medición del índice WBGT, con la ayuda de un medidor de estrés térmico, considerando las condiciones ambientales del lugar de trabajo y su variación, el tipo de actividad realizada y la vestimenta utilizada por el trabajador.

Así mismo, se utilizó la metodología de la norma ISO 8996 para la determinación de la tasa metabólica mediante el cálculo del metabolismo de la tarea, considerando el nivel dos de la metodología correspondiente a la observación y el análisis de los tiempos y momentos de la actividad realizada.

Los datos obtenidos de cada metodología fueron evaluados conforme a lo que indica el artículo 54. del Decreto Ejecutivo 2393 a fin de establecer el grado de incidencia de la

carga física de trabajo para proponer medidas preventivas o correctivas con base en los resultados.

En cuanto al tipo de investigación, el presente estudio fue bibliográfico y de campo, se obtuvo la información de fuentes bibliográficas, como investigaciones previas para conocer el estado del arte, y del levantamiento de información en campo con la aplicación de las metodologías seleccionadas.

Así mismo, por su alcance fue de tipo descriptivo. Una investigación con alcance descriptivo, conforme Ramos (2020), afirma que es una investigación donde se pretende evidenciar cómo se presenta en un determinado grupo de personas una problemática ya estudiada previamente.

Para la investigación se consideró la evaluación de la carga física de trabajo como el fenómeno del cual se conocen sus características y se buscó evidenciar cómo esto incide en el bienestar de los linieros de la empresa de distribución eléctrica a fin de proponer acciones enfocadas a mejorar su calidad de vida.

### **3.3 Procedimientos**

El grupo de estudio seleccionado corresponde a los técnicos de la empresa de distribución pertenecientes al área de mantenimiento de redes eléctricas. La población para considerar corresponde a 30 trabajadores, al ser una población reducida no se realizó el cálculo de la muestra y se aplicó el estudio a todo el personal que cumplió con los criterios de inclusión y exclusión considerados.

Inicialmente, para explicar las bases teóricas sobre la carga física de trabajo y la determinación de tiempos de trabajo y reposo, se realizó una búsqueda de información en diferentes bases de datos con la finalidad de contextualizar el objeto de estudio y conocer el estado del arte considerando investigaciones previas que permitan un mejor conocimiento de la problemática y un tratamiento adecuado de la información.

Por otro lado, para calcular la carga física de trabajo en actividades de mantenimiento en redes de distribución se aplicó metodologías de normativas internacionales para la estimación del consumo metabólico y del índice WBGT, para los cual, se realizó un primer acercamiento a fin conocer la problemática en el desarrollo de las actividades laborales, mediante visitas de campo donde se observó directamente los procedimientos de trabajo y se pudo palpar de cerca la realidad de los trabajadores en el cumplimiento de sus tareas. De igual manera, en esta fase se consideró la información proporcionada por los trabajadores como información relevante para la investigación.

Previo al inicio de la aplicación de la metodología seleccionada, se realizó una caracterización del grupo de estudio, mediante la aplicación de un cuestionario para el conocimiento de datos generales de los participantes, permitiendo un conocimiento detallado de los trabajadores.

Así mismo, se procedió a la identificación y clasificación de las tareas por actividades, realizadas dentro del puesto de técnico de mantenimiento de redes, a fin de delimitar los procedimientos a evaluar. También, se aplicó la ESCALA SOFI-SM para determinar la percepción de los trabajadores frente a la fatiga física.

Una vez, identificadas las tareas y actividades se aplicó la metodología de la norma ISO 7243 para la evaluación del estrés térmico, para lo cual se realizaron mediciones para determinar el índice WBGT, mediante el uso del medidor de estrés térmico WBGT SD Card Datalogger 800037 Sper Scientific. Las mediciones fueron realizadas durante una hora en cada puesto de trabajo, en el momento del día donde se evidenció una mayor exposición al calor y se presentaron las condiciones más desfavorables para el trabajador.

Por su parte, para la aplicación de la norma ISO 8996, se procedió a realizar grabaciones de las tareas y actividades identificadas. Los videos posteriormente fueron evaluados con la aplicación de la metodología indicada en la norma a fin de poder estimar la tasa metabólica considerando cómo se realizan las actividades y las posturas adoptadas por



el trabajador, conforme a las tablas preestablecidas, estimando el consumo metabólico por actividad.

Posteriormente, con los datos obtenidos del trabajo en campo realizado se aplicó la metodología de la GTC 45 (Guía Técnica Colombiana) a fin de determinar el nivel de riesgo al que se encuentran expuestos los trabajadores y lograr identificar el nivel de acción.

Por último, para proponer el sistema de trabajo-descanso se consideraron los resultados obtenidos de la investigación, para lo cual, se analizó el nivel de exposición de los trabajadores a la carga física y se establecieron tiempos de descanso aplicando la normativa nacional vigente, propiciando la recuperación del personal durante la jornada laboral. A su vez, se establecieron recomendaciones que permitirán prevenir la aparición de la fatiga en los trabajadores expuestos.

### **3.4 Consideraciones bioéticas**

Antes de iniciar el estudio se socializó al personal perteneciente al área de mantenimiento de redes eléctricas el alcance de la investigación y el uso estadístico que se le dio a la información.

Durante la socialización se dio a conocer el tema de la investigación, así como los objetivos propuestos para la obtención de la información requerida y el alcance de la misma. De igual manera, se informó que los resultados obtenidos fueron considerados como datos estadísticos generalizados, es decir, como información del grupo de estudio y mas no de forma personalizada.

Además, se dio a conocer los beneficios en la mejora de las condiciones laborales relacionados a la propuesta del sistema trabajo-descanso. Por último, se hizo firmar a los trabajadores el consentimiento informado como aceptación para ser parte de la investigación. Se contó con la aceptación de 30 trabajadores pertenecientes al área de estudio.

## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de resultados

Los puestos de trabajo de la población de estudio que se encuentra expuesta a los ambientes térmicos por calor se describen de manera general en la siguiente tabla:

**Tabla 3**

*Descripción áreas de la empresa*

PUESTO	NÚMERO TRABAJADORES	FUENTE DE CALOR	FUNCIONES
Técnico de Mantenimiento de Redes de Distribución 1	3	Radiación Solar	Supervisar los trabajos de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo en las redes de distribución
Técnico de Operación de equipo Pesado de redes de distribución.	3	Radiación Solar	Operar maquinaria pesada para las labores de montaje, desmontaje, instalación y mantenimiento de los componentes de las redes de distribución.
Técnico de Mantenimiento de Redes de Distribución 2	24	Radiación Solar	Ejecutar mantenimiento Preventivo, predictivo, correctivo

*Nota.* Información tomada del manual de procesos de la empresa en estudio.

#### 4.2. Caracterización de la población de estudio

De la aplicación de la ficha de datos inicial se obtiene la siguiente información de la población de estudio.

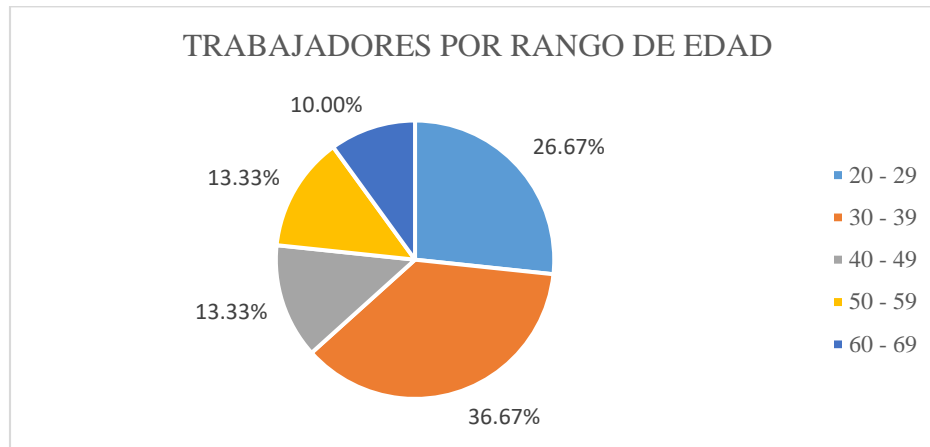
**Tabla 4***Caracterización de la población de estudio*

<b>N° TRABAJADOR</b>	<b>EDAD</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>TALLA (m)</b>	<b>INDICE DE MASA CORPORAL</b>	<b>RELACION DEL IMC</b>	<b>ANTIGÜEDAD EN LA EMPRESA</b>
1	54	65	1,56	26,7	SOBREPESO	33
2	37	75	1,65	27,5	SOBREPESO	3
3	43	85	1,67	30,5	OBESIDAD TIPO 1	13
4	37	75	1,77	23,9	PESO NORMAL	13
5	41	86,19	1,62	32,8	OBESIDAD TIPO 1	14
6	62	76	1,6	29,7	SOBREPESO	25
7	30	65	1,65	23,9	PESO NORMAL	7
8	34	74	1,72	25,0	SOBREPESO	8
9	31	72	1,70	24,9	PESO NORMAL	8
10	33	68,9	1,65	25,3	SOBREPESO	8
11	65	66	1,65	24,2	PESO NORMAL	28
12	26	81	1,65	29,8	SOBREPESO	8
13	28	70	1,70	24,2	PESO NORMAL	8
14	34	100	1,70	34,6	OBESIDAD TIPO 1	8
15	40	76	1,80	23,5	PESO NORMAL	15
16	26	97	1,75	31,7	OBESIDAD TIPO 1	8
17	29	80	1,65	29,4	SOBREPESO	8
18	31	71	1,65	26,1	SOBREPESO	12
19	28	76	1,59	30,1	OBESIDAD TIPO 1	4
20	50	77	1,75	26,7	SOBREPESO	25
21	35	60	1,63	27,5	SOBREPESO	8
22	48	68	1,69	30,5	OBESIDAD TIPO 1	15
23	31	67,5	1,65	23,9	PESO NORMAL	8
24	27	63	1,68	32,8	OBESIDAD TIPO 1	8
25	53	73	1,76	29,7	SOBREPESO	29
26	54	78	1,60	23,9	PESO NORMAL	27
27	29	100	1,68	25,0	SOBREPESO	8
28	34	74	1,52	24,9	PESO NORMAL	8
29	60	83	1,62	25,3	SOBREPESO	25
30	26	75	1,68	24,2	PESO NORMAL	8
PROMEDIO	38.53	75.92	1.67	27.27		13.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	11.76	10.04	0.06	3.25		8.47
PERCENTIL 5	26.00	63.90	1.57	23.90		5.35
PERCENTIL 95	61.10	98.65	1.77	32.80		28.55

*Nota.* Los trabajadores firmaron un consentimiento informado previo a la caracterización de la población de estudio.

### Figura 2

*Población de estudio por rango de edad*

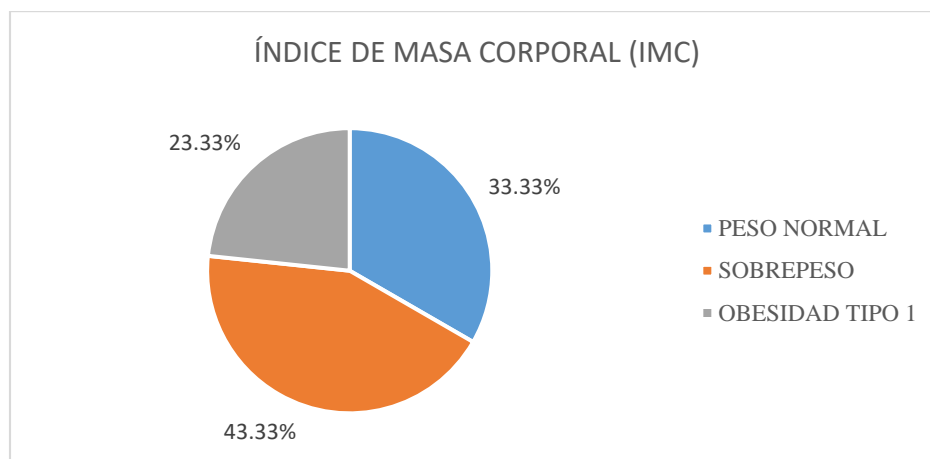


*Nota.* El gráfico de pastel representa la distribución de los trabajadores por grupo etario.

La mayoría de los trabajadores están en un rango de edad de 30 a 39 años y hay un grupo reducido de trabajadores que superan los 60 años de edad lo que podría ser considerado como un factor determinante frente al riesgo de exposición a estrés térmico.

### Figura 3

*Índice de masa corporal de la población de estudio*

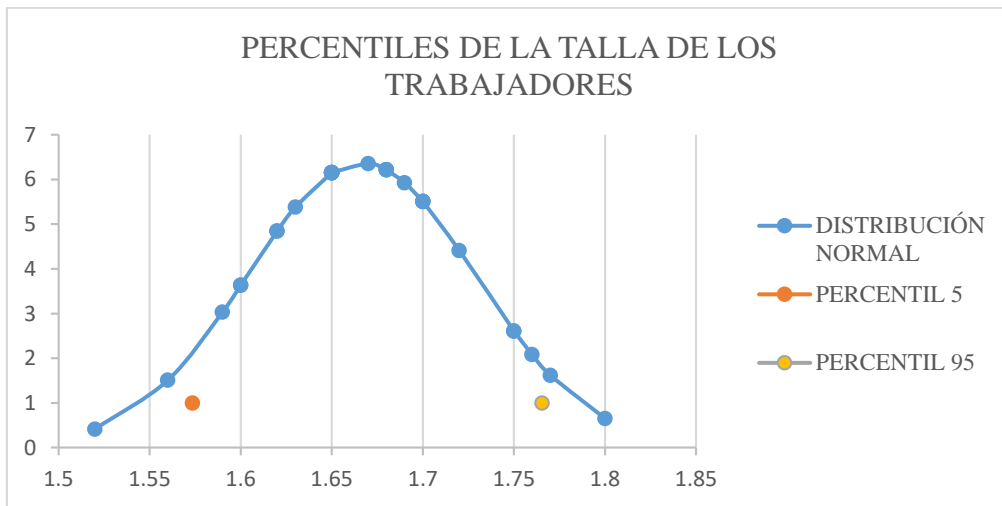


*Nota.* El gráfico representa el índice de masa corporal de los trabajadores.

En el gráfico se puede evidenciar que un 43.33% de los trabajadores presentan sobrepeso, el 33.33% tiene un peso normal y 23.33% presenta obesidad tipo 1.

**Figura 4**

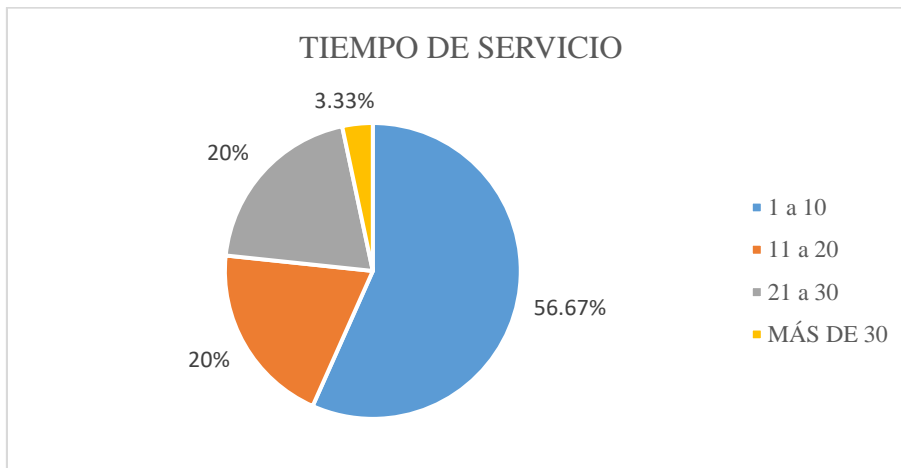
*Percentil 5 y 95 de la estatura de los trabajadores*



*Nota.* El gráfico representa la distribución normal y percentiles 5 y 95 de las estura de los trabajadores.

**Figura 5**

*Tiempo de servicio de los trabajadores en la empresa*



*Nota.* El gráfico representa el tiempo de servicio de los trabajadores en la empresa.

El 56.67% de los trabajadores ha laborado en la empresa en un rango de 1 a 10 años, el 20% en un rango de 11 a 20, el 20% de 21 a 30 años y el 3.33% más de 30 años de servicio.

### 4.3. Aplicación de Escala SOFI-SM

Se aplicó el cuestionario a los 30 trabajadores de la empresa al inicio de la investigación, considerando las seis dimensiones que propone la escala bajo la percepción de los trabajadores, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 5**

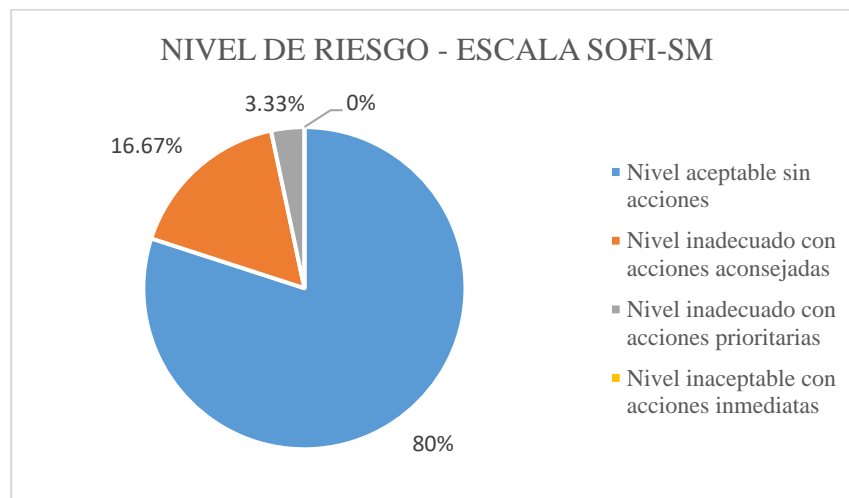
*Nivel de riesgo de acuerdo a la escala SOFI-SM*

Nivel de Riesgo	Trabajadores	Porcentaje
Nivel aceptable sin acciones	24	80%
Nivel inadecuado con acciones aconsejadas	5	16.67%
Nivel inadecuado con acciones prioritarias	1	3.33%
Nivel inaceptable con acciones inmediatas	0	0%
TOTAL	30	100%

*Nota.* Información obtenida de la aplicación de la escala SOFI-SM (Sebastián et al., 2008).

**Figura 6**

*Nivel de riesgo de acuerdo a la ESCALA SOFI-SM*



*Nota.* El gráfico representa el nivel de riesgo a la fatiga laboral de la escala SOFI-SM.

El 80% de la población de estudio se encuentra en un nivel aceptable, el 16.67% en un nivel inadecuado con acciones aconsejadas y el 3.33% en un nivel inadecuado con

acciones prioritarias. Hay que considerar que los resultados obtenidos fueron bajo la percepción de los trabajadores de la empresa y que podría existir un conflicto de intereses.

Otro de los resultados obtenidos de la aplicación de la ESCALA SOFI – SM es sobre la puntuación de cada una de las dimensiones, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6**

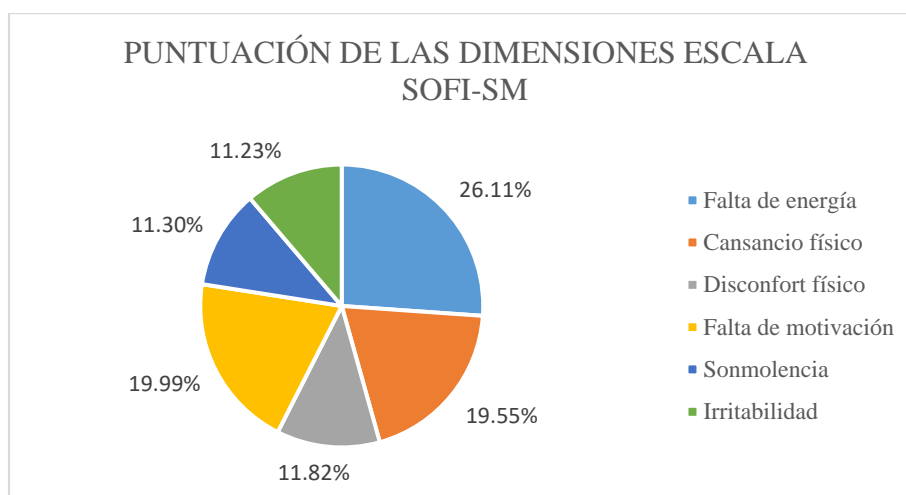
*Puntuación de cada dimensión de la escala SOFI-SM*

Dimensión	Puntuación	Porcentaje
Falta de energía	358	26,11%
Cansancio físico	268	19,55%
Disconfort físico	162	11,82%
Falta de motivación	274	19,99%
Somnolencia	155	11,30%
Irritabilidad	154	11,23%
TOTAL	1371	100%

*Nota.* Información obtenida de la aplicación de la escala SOFI-SM (Sebastián et al., 2008).

**Figura 7**

*Puntuación de las dimensiones de la escala SOFI-SM*



*Nota.* El gráfico representa la puntuación de cada una de las dimensiones de acuerdo con la percepción de los trabajadores.

En el gráfico se evidencia que el 26,11% presenta falta de energía, el 19,99% falta de motivación, el 19,55% cansancio físico, el 11,82% discomfort físico, el 11,30% somnolencia y el 11,23% irritabilidad.



#### 4. 4. Determinación de Tasa metabólica

**Tabla 7**

*Detalle de actividades y tareas para Técnico operador de equipo pesado para redes de distribución*

PROCESO	TAREA	ACTIVIDAD	DETALLES	INTENSIDAD DE TRABAJO (Escala de Borg)	TIEMPO (HORAS)	TASA METABÓLICA (W)
Operar maquinaria pesada para las labores de montaje, desmontaje, instalación y mantenimiento de los componentes de las redes de distribución.	Montar/ desmontar (Manipulación de control de mando)	Estabilizar el carro canasta	Con el mando de control de la grúa saca los cilindros de estabilización Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Ligero	0.06	349.42
		Sujetar el poste/ transformador	Con el mando de control dirige la grúa para sujetar Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Moderado	0.23	384.42
		Direccionar el poste/ transformador a la ubicación final	Con el mando de control dirige la grúa para colocar Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Moderado	0.37	384.42
		Retirar estabilizadores	De pie con ambos brazos Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Ligero	0.06	349.42
		Descansar (Esperar la siguiente actividad)	Postura de pie sin uso de un segmento del cuerpo	Ligero	0.28	109.42
	Conducir la maquinaria pesada	Revisar físicamente los componentes de seguridad (Verificación pre operacional)	De pie, camina a velocidad menor a 6 km/h B.2.3 Tasa metabólica para actividades con desplazamientos	Ligero	0.25	349.42
		Conducir la grúa durante la ejecución de la orden de trabajo	Sentado conduce con los brazos.	Ligero	0.48	384.42

Descansar (Esperar la siguiente actividad)	Postura de pie sin uso de un segmento del cuerpo	Ligero	0.27	384.42
---	--	--------	------	--------

*Nota.* Detalle de tareas para análisis de consumo metabólico con base en la norma ISO 8996 durante 1 hora de observación del trabajador 2.

**Tabla 8**

*Detalle de actividades y tareas para Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución*

PROCESO	TAREA	ACTIVIDAD	DETALLES	INTENSIDAD DE TRABAJO (Escala de Borg)	TIEMPO (HORAS)	TASA METABÓLICA (W)
Supervisar los trabajos de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo en las redes de distribución	Supervisar la ejecución de las órdenes de trabajo	Gestionar y liquidar órdenes de trabajo	Ejecuta las órdenes de trabajo en campo. Tabla B.2: Ambas manos Tabla B.3: De Pie	Ligero	0.23	265.13
		Coordinar la dotación de recursos logísticos	Verifica en campo la disponibilidad de los recursos y materiales para la ejecución de las órdenes de trabajo. B.2.3 Tasa metabólica para actividades con desplazamientos	Ligero	0.15	148.5
		Inspeccionar en campo la ejecución de las órdenes de trabajo, uso de EPP, equipos y materiales	Verifica en campo la ejecución de las órdenes de trabajo y el correcto uso de materiales y EPP Tabla B.2: Ambas manos Tabla B.3: De Pie	Ligero	0.61	265.13

*Nota.* Detalle de tareas para análisis de consumo metabólico con base en la norma ISO 8996 durante 1 hora de observación del trabajador 4.

**Tabla 9***Detalle de tareas y actividades para Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución*

PROCESO	TAREA	ACTIVIDAD	DETALLES	INTENSIDAD DE TRABAJO	TIEMPO (HORAS)	TASA METABÓLICA (W)
Ejecutar mantenimiento Preventivo, predictivo, correctivo	Colocar poste de hormigón y tensores de acero	Excavar con pala cava hoyos tipo tijera	De pie flexionado con ambos brazos excava el hoyo para colocación del poste Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Pesado	0.19	427.96
		Sacar agua con balde	Arrodillado saca con un brazo el agua del hoyo excavado, con un balde Tabla B.2: Un brazo Tabla B.3: Arrodillado	Moderado	0.07	322.96
		Rellenar el hoyo con material	Colocación de material para sujeción de poste con uso de pala Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De pie flexionado	Moderado	0.04	387.96
		Compactar con tronco de madera el suelo alrededor del poste	Con ambos brazos sujeta el tronco de madera y compacta el suelo alrededor del poste Tabla B.1 Subir o bajar cargas	Pesado	0.03	941.96
		Colocar abrazadera en la parte superior del poste	Colocación de la abrazadera para sujetar el tensor al poste Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.06	387.96
		Excavar y colocar anclaje en el suelo	Excavación manual para colocación del anclaje al suelo para ubicación del tensor. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Pesado	0.11	427.96
		Anclar cable de acero	Amarre del tensor en el anclaje Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.21	387.96

	Tensar cable de acero	Tensar cable de acero para fijación de poste al suelo con tecele de cadena. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Pesado	0.29	427.96
Traspasar red preensamblada de un poste a otro	Colocar abrazadera con rack de cuatro vías en la parte superior del poste	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador coloca en la parte superior del poste la abrazadera con rack de cuatro vías para sujeción de redes eléctricas. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Moderado	0.06	380.54
	Colocar abrazadera con lámpara de alumbrado público	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador coloca la lámpara de alumbrado público en la parte superior del poste. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Moderado	0.07	380.54
	Traspasar red preensamblada de poste antiguo a poste nuevo	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador realiza el cambio de la red preensamblada de un poste a otro Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Pesado	0.22	420.54
	Conectar red preensamblada a red de baja tensión	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador realiza la conexión de la red preensamblada Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Pesado	0.65	430.54
	Armar estructuras en poste de hormigón	Colocar abrazadera y cruceta De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador coloca la abrazadera y la cruceta para la ubicación de la línea eléctrica Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Moderado	0.14	390.47

	Colocar aislantes	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador coloca los aislantes en la estructura metálica Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Pesado	0.07	430.47
	Instalar cortacircuitos	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador coloca los cortacircuitos. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.37	400.47
	Colocar dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS)	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador coloca los DPS. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.42	400.47
Montar transformador en poste de hormigón	Colocar abrazaderas para sujeción de transformador	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador coloca las abrazaderas en el poste. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.13	391.90
	Subir escalera	Sube la escalera con herramientas para sujetar el transformador al poste. B.2.3 Subir escaleras	Moderado	0.01	1629.21
	Sujetar el transformador al poste	Sujeta el transformador a las abrazaderas. Tabla B.2.3: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Pesado	0.07	431.90
	Bajar escalera	Bajar la escalera con herramientas B.2.3 Bajar escaleras	Moderado	0.01	1511.03
	Colocar estructura metálica y aislantes para línea de baja tensión	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador coloca la estructura metálica y aislantes Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Pesado	0.16	431.90

Arreglar red preensamblada	Conectar la línea de alta tensión al cortacircuito - DPS - transformador	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador realiza la conexión de la línea de alta tensión – corta circuito - DPS - Transformador Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Pesado	0.13	431.90
	Conectar transformador a líneas de baja tensión	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador conecta el transformador a la línea de baja tensión Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.49	391.90
	Reemplazar aislador pin en poste	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador reemplaza el aislador. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.23	387.94
	Tensar línea preensamblada	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador tensa la línea preensamblada con un teclé de cadena. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Pesado	0.22	427.94
	Reemplazar línea preensamblada	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador reemplaza la línea preensamblada dañada Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.24	387.94
	Conectar el transformador a la red	De pie dentro de la canasta de la grúa, el trabajador conecta el transformador a la red. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie flexionado	Moderado	0.31	387.94
Pasar herramientas y materiales durante la ejecución de la orden de trabajo	Bajar escalera de la camioneta	Baja la escalera de la camioneta para ejecución de la orden de trabajo. TABLA B.1: Bajar carga	Moderado	0.03	153.77

Bajar herramientas y materiales	Baja las herramientas de la camioneta para ejecución de la orden de trabajo. TABLA B.1: Bajar carga	Moderado	0.10	132.84
Entregar materiales y herramientas	Camina por el área de trabajo para la entrega de materiales y herramientas B.2.3 Tasa metabólica para actividades con desplazamientos	Moderado	0.44	200.14
Amarre de materiales a la línea de suministro	Amarra los materiales y herramientas a la línea de suministro. Tabla B.2: Ambos brazos Tabla B.3: De Pie	Moderado	0.14	387.73
Descansar (Esperar la siguiente actividad)	Espera de pie la siguiente actividad	Ligero	0.22	137.73
Subir escalera	Sube la escalera a la camioneta después de la ejecución de la orden de trabajo. TABLA B.1: Subir carga	Moderado	0.03	191.86
Subir materiales y herramientas	Sube los materiales y herramientas a la camioneta después de la ejecución de la orden de trabajo. TABLA B.1: Subir carga	Moderado	0.05	147.32

*Nota.* Detalle de tareas para análisis de consumo metabólico con base en la norma ISO 8996 durante 1 hora de observación de los trabajadores 7, 10, 20, 18, 24, 29.

**Tabla 10***Determinación de Tasa metabólica*

PUESTO DE TRABAJO	TAREA	M * T	SUMATORIA TASA METABÓLICA (W)	TASA METABÓLICA PONDERADA (W)	TASA METABÓLICA PONDERADA (Kcal/h)	TIPO DE TRABAJO D.E.2393
Técnico operador de Equipo Pesado para Redes de Distribución (TRABAJADOR 2)	Montar/ desmontar (Manipulación de control de mando)	20,38	302,52	302,52	260,47	MODERADA
		87,03				
		141,81				
		22,42				
		30,88				
Conducir la maquinaria pesada	37,00	228,86	228,86	197,05	LIVIANA	
	155,27					
	36,59					
Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución (TRABAJADOR 4)	Supervisar la ejecución de las órdenes de trabajo	62,09	247,35	247,35	212,97	MODERADA
		22,65				
		162,61				



		82,62				
		21,44				
	Colocar poste de hormigón y tensores de acero	15,73	423,53	423,53	364,66	PESADA
		26,95				
		22,09				
		48,74				
		80,18				
		125,77				
		24,10				
Técnico 2 de Mantenimiento de Redes de Distribución	Traspasar red preensamblada de un poste a otro	24,84	421,91	421,91	363,26	PESADA
		92,87				
		280,09				
		55,64				
		31,21				
	Armar estructuras en poste de hormigón	147,28	401,22	401,22	345,45	MODERADA
		167,09				

	50,62				
	14,93				
Montar transformador en poste de hormigón	31,79	428,81	428,81	369,21	PESADA
	15,11				
	67,42				
	56,03				
	192,90				
	90,09				
Arreglar Red Preensamblada	92,13	396,55	396,55	341,43	MODERADA
	93,21				
	121,12				
	4,83				
	13,06				
Pasar herramientas y materiales durante la ejecución de la orden de trabajo	87,23	201,86	201,86	173,80	LIVIANA
	54,17				
	29,61				
	5,22				
	7,73				

*Nota.* Tasa metabólica por actividad por puesto de trabajo.

### **Análisis**

En conjunto, estos resultados permiten observar que varios técnicos en el área de mantenimiento de redes de distribución están sometidos a un esfuerzo físico considerable, esto puede corresponder a la naturaleza de las tareas, estas pueden incluir levantamiento de equipos, trabajo en alturas o la necesidad de moverse en terrenos difíciles. Es importante para la empresa o la organización tome en

cuenta estos hallazgos con el fin de planificar las condiciones laborales, considerando medidas adecuadas para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores y prevenir la fatiga o el estrés físico en el lugar de trabajo.

#### 4.5. Determinación del Índice WBGT

Para la determinación del índice WBGT se aplicó la norma ISO 7243 y se realizó la medición con un medidor de estrés térmico durante una hora considerando las horas de mayor exposición, es decir, de actividades realizadas cerca al medio día. Los valores medidos fueron ponderados en el tiempo con la aplicación de la fórmula (2).

(2)

$$WBGT = \frac{(WBGT_1 \times t_1) + \dots + (WBGT_n \times t_n)}{t_1 + \dots + t_n}$$

**Tabla 11**

*Determinación del Índice WBGT*

PUESTO DE TRABAJO	N° DE PUESTOS DE TRABAJO	ÍNDICE WBGT						VALOR LÍMITE WBGTref ISO 7243 (°C)	RIESGO WBGTeff ≥ WBGTref ISO 7243
		WBGT MEDIDO PONDERADO PARCIAL (°C)	WBGT * TIEMPO DE EXPOSICIÓN	ÍNDICE WBGT MEDIDO PONDERADO TOTAL (°C)	CAV	WBGTeff= WBGT +CAV (°C)	WBGT D.E.2393 (°C)		
Técnico operador de Equipo Pesado para Redes de Distribución	3	26,78	1,56	28,95	0,00	28,95	28	28,17	SI
		28,58	6,47						
		30,36	11,20						
		28,78	1,85						
		27,88	7,87						

WBGTeff reference value (WBGTref):  
WBGTref = 56,7 - 11,5 log<sub>10</sub>(M) °C

		29,31	7,30						
		30,88	14,78	30,53	0	30,53	30,6	29,56	SI
		31,04	8,45						
<b>Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución</b>	3	29,24	6,85						
		30,86	4,71	30,10	0	30,10	26,7	29,18	SI
		30,24	18,55						
<b>Técnico 2 de Mantenimiento de Redes de Distribución</b>	24	28,97	5,59						
		39,25	2,61						
		29,05	1,18						
		29,4	0,84						
		30,83	1,76	30,48	0	30,48	25	26,49	SI
		30,91	3,52						
		30,1	6,22						
		29,84	8,77						
		29,23	1,85						
		30,53	1,99						
		31,55	6,97	30,18	1	31,18	25	26,51	SI
		29,77	19,37						
		29,6	4,218						
		29,8	2,1605						
		29,82	10,97	29,31	1	30,31	26,7	26,76	SI
		28,68	11,97						
		30,3	3,91						
		29,6	0,27						
		29,2	2,15						
		30,3	0,30						
		30,89	4,82	33,77	1	34,77	25	26,43	SI
		33,15	4,30						
		36,59	18,01						

31,6	7,34						
30,27	6,52						
32,46	7,80	31,67	1	32,67	26,7	26,82	SI
32,07	10,01						
29,03	0,91						
30,43	2,99						
31,86	13,89						
32,1	4,49	31,87	0	31,87	30,6	30,19	SI
32,44	6,97						
32,8	0,89						
33	1,73						

*Nota.* Índice WBGT por actividad durante 1 hora de medición.

De acuerdo a los datos recopilados sobre los resultados de las Tasas Metabólicas Ponderadas y la valoración del Índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), para evaluar el entorno laboral de los técnicos de mantenimiento de redes de distribución, se puede manifestar el hecho de que los valores del Índice WBGT superen los límites recomendados por la norma ISO 7243 indica una existencia de riesgo significativo de estrés térmico en el lugar de trabajo, para lo cual se ha realizado un análisis ampliado de estos resultados y su implicación en varios puntos:

#### **Altas Tasas Metabólicas Ponderadas:**

Los valores de las Tasas Metabólicas Ponderadas (W y Kcal/h) indican que los técnicos de mantenimiento de redes de distribución están realizando tareas que requieren un esfuerzo físico considerable, esto puede incluir levantamiento de equipos pesados, trabajo en alturas o en terrenos difíciles, entre otros.

Las altas tasas metabólicas ponderadas sugieren que los trabajadores están gastando una cantidad significativa de energía y quemando calorías a un ritmo elevado durante su trabajo, lo que indica un nivel de actividad física exigente.

#### **Superación de los Límites del Índice WBGT:**

El hecho de que los valores del Índice WBGT superen los límites recomendados por la norma ISO 7243 indica que los técnicos están expuestos a condiciones ambientales que representan un riesgo de estrés térmico en el lugar de trabajo.

El estrés térmico puede ser causado por la combinación de altas temperaturas ambientales, humedad y la carga de trabajo físico, lo que puede resultar en un aumento del riesgo de agotamiento por calor, golpe de calor y fatiga.

#### **Implicaciones para la Salud y Seguridad:**

La exposición continua a condiciones de estrés térmico puede tener graves implicaciones para la salud y seguridad de los trabajadores. Puede provocar problemas de

salud como deshidratación, insolación, agotamiento por calor y golpe de calor, lo que puede poner en riesgo la vida de los trabajadores.

El estrés térmico también puede aumentar la fatiga de los trabajadores, lo que podría afectar negativamente su rendimiento y seguridad en el trabajo.

**Acciones de Control:**

Es fundamental que la empresa tome medidas inmediatas para reducir el riesgo de estrés térmico en el lugar de trabajo, lo cual puede incluir la implementación de controles de ingeniería, como proporcionar áreas de sombra y sistemas de enfriamiento, así como la capacitación de los trabajadores sobre la prevención del estrés térmico.

También es importante establecer políticas y procedimientos de seguridad que se ajusten a las condiciones ambientales y la carga de trabajo, así como proporcionar pausas regulares o acceso a agua potable para mantener a los trabajadores hidratados.

Es así que se puede manifestar que la combinación de altas Tasas Metabólicas Ponderadas y valores del Índice WBGT que superan los límites recomendados son un indicio claro de que los técnicos de mantenimiento de redes de distribución enfrentan un riesgo significativo de estrés térmico en el lugar de trabajo, por lo que la prioridad debe ser la seguridad y el bienestar de los trabajadores, y se deben tomar medidas urgentes para mitigar este riesgo y garantizar un entorno laboral seguro y saludable.

#### 4.6. Determinación del nivel de riesgo

Para determinar el nivel de riesgo se aplicó la metodología de la GTC 45, considerando el Nivel de Probabilidad (NP) y Nivel de Consecuencia (NC) con base en la información levantada en campo en cuanto a los efectos de los percibidos por los trabajadores y reportados por el Médico Ocupacional de la empresa:

**Tabla 12**

*Determinación del nivel de riesgo*

PUESTO DE TRABAJO	N° DE PUESTOS DE TRABAJO	NIVEL DE RIESGO							SIGNIFICADO
		NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)	NIVEL DE PROBABILIDAD NP=ND*NE	NIVEL DE PROBABILIDAD	NIVEL DE CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO NR=NP*NC	NIVEL DE RIESGO	
Técnico operador de Equipo Pesado para Redes de Distribución	3	6	3	18	ALTO	25	450	II	No Aceptable o Aceptable con control específico.
		6	3	18	ALTO	25	450	II	No Aceptable o Aceptable con control específico.
Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución	3	6	2	12	ALTO	25	300	II	No Aceptable o Aceptable con control específico.
Técnico 2 de Mantenimiento	24	6	3	18	ALTO	25	450	II	No Aceptable o Aceptable con control específico.



o de Redes de Distribución	6	4	24	ALTO	25	600	I	Situación Crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo está bajo control- Intervención urgente.
	6	4	24	ALTO	25	600	I	Situación Crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo está bajo control- Intervención urgente.
	6	4	24	ALTO	25	600	I	Situación Crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo está bajo control- Intervención urgente.
	6	4	24	ALTO	25	600	I	Situación Crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo está bajo control- Intervención urgente.
	6	3	18	ALTO	25	450	II	No Aceptable o Aceptable con control específico.

*Nota.* Índice WBGT por actividad durante 1 hora de medición.

Los resultados de la evaluación del nivel de riesgo para los diferentes grupos de técnicos en el entorno laboral de mantenimiento de redes de distribución son reveladores y señalan la importancia crítica de abordar las condiciones laborales y la seguridad de los trabajadores de manera urgente y específica.

Es así que para los Técnicos Operadores de Equipo Pesado para Redes de Distribución y los Técnicos 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución, se observa un nivel de riesgo II, lo que indica que existen riesgos significativos que no son aceptables en su estado actual, de igual forma estos riesgos están relacionados con tareas que implican el manejo de equipo pesado, trabajo en alturas u otras condiciones desafiantes, por lo que se recomienda implementar medidas de control específicas, proporcionar equipo de protección personal y brindar capacitación adicional en seguridad es esencial para mitigar estos riesgos y garantizar un entorno de trabajo seguro.

Sin embargo, la situación se vuelve más crítica para los Técnicos 2 de Mantenimiento de Redes de Distribución que presentan un nivel de riesgo I, ya que esta categorización significa que la situación es extremadamente peligrosa, y se debe tomar una acción inmediata. Por lo que se sugiere suspender las actividades hasta que los riesgos estén bajo control, siendo esta una medida de seguridad fundamental. Estos técnicos enfrentan riesgos graves que requieren una revisión exhaustiva de los procedimientos de seguridad, la capacitación y la implementación de medidas de control efectivas.

En todos los casos, es vital establecer una cultura de seguridad en el lugar de trabajo que promueva la conciencia sobre los riesgos y el cumplimiento de las medidas de control. Las auditorías y revisiones periódicas son esenciales para garantizar que las medidas de seguridad sean efectivas y se adapten a las condiciones laborales cambiantes.

Es así, que la seguridad de los trabajadores es una prioridad absoluta, por lo que estos resultados de evaluación de riesgos subrayan la necesidad de tomar medidas inmediatas y específicas para proteger la salud y el bienestar de los técnicos en su entorno laboral.

#### **4.7. Discusión**

En base a los datos recopilados durante la investigación, se pueden resaltar descubrimientos clave, los cuales serán analizados y contrastados con los resultados de otras investigaciones realizadas por diversos autores tanto a nivel nacional como internacional en relación con el tema de estudiado:

Como primer punto se determinó la tasa metabólica, en la cual se obtuvo como resultados que los trabajadores estudiados realizan tareas que implican un esfuerzo físico considerable, con una tasa metabólica alta en un 66%, ya que su trabajo se considera físicamente exigente y requiere un alto nivel de energía para llevar a cabo las actividades laborales, siendo estos resultados coherentes con las conclusiones de investigaciones previas en campos similares.

Al comparar estos con estudios similares realizados por otros autores a nivel nacional e internacional, es posible observar tendencias comunes y validar aún más nuestras conclusiones, tal es el caso del estudio realiza por (Villacis, 2022), quien de igual manera encontró que la mayoría de los trabajadores tenían una tasa metabólica alta debido a las actividades laborales exigentes.

Por lo tanto, estos resultados sugieren que la demanda física en entornos laborales similares es una característica recurrente y el estudio se alinea con investigaciones previas, en conjunto la alta tasa metabólica observada es un indicio importante de la exigencia física que experimentan los trabajadores en este campo, lo cual puede servir como base para la implementación de medidas de seguridad y salud ocupacional específicas en beneficio de los trabajadores y la prevención de lesiones laborales.

De igual forma, (Villalobos, 2020) destaca la importancia de la identificación de una alta tasa metabólica en los trabajadores, ya que es un indicativo claro de la importancia crítica de salvaguardar su salud y seguridad en el entorno laboral, siendo imperativo implementar medidas preventivas o estrategias que mitiguen el riesgo de fatiga y estrés físico, garantizando la seguridad de los trabajadores no solo para preservar su bienestar, sino también para contribuir a la productividad y eficacia en el trabajo, fortaleciendo la integridad de la organización en su conjunto. Mientras que (Gómez & López, 2020) destacan que, en los trabajadores linieros eléctricos con una alta tasa

metabólica, es esencial implementar una serie de medidas destinadas a garantizar su salud y seguridad en el entorno laboral.

En primer lugar, se deben establecer programas de capacitación exhaustivos que aborden las prácticas de trabajo seguras, los procedimientos de manejo de equipo, así como la concientización sobre los riesgos asociados con su alta tasa metabólica, además, se deben proporcionar y hacer cumplir rigurosamente el uso de equipo de protección personal adecuado, especialmente durante actividades en alturas.

Por otra parte, la rotación de tareas y la programación de pausas regulares son fundamentales para reducir la fatiga y prevenir el estrés físico, permitiendo a los trabajadores recuperarse adecuadamente. En última instancia, una cultura de seguridad sólida y la comunicación abierta entre los trabajadores y la dirección son esenciales para garantizar que se implementen y mantengan estas medidas de seguridad de manera efectiva, protegiendo así la integridad y el bienestar de los linieros eléctricos.

Con relación al Índice WBGT, se hizo una valoración de acuerdo con el valor límite  $WBGT_{ref}$  en ISO 7243, para el cual en la mayor parte de los casos el primero era mayor al segundo, es decir existía riesgo para este tipo de trabajadores, por lo que es necesario la implementación de acciones correctivas, lo cual se relaciona con el trabajo de (Campa et. al, 2020) donde destaca el 65% de los valores de Índice WBGT medidos en los trabajadores de su estudio superan los límites recomendados por la norma ISO 7243.

Esto subraya la crítica necesidad de abordar el estrés térmico en el lugar de trabajo, ya que estos resultados indican que la mayoría de los trabajadores están expuestos a condiciones laborales que exceden los niveles de estrés térmico considerados seguros según los estándares internacionales.

El estrés térmico puede dar lugar a una serie de riesgos para la salud, como el agotamiento por calor, el golpe de calor, entre otros. Es así por lo que (Jara, 2021) destaca que para garantizar la seguridad y el bienestar de los trabajadores, es fundamental tomar medidas que incluyan la revisión así como modificación de las prácticas laborales, la provisión de pausas y descansos adecuados, la implementación de sistemas de enfriamiento y la concientización sobre los riesgos del calor, ya que es fundamental la

evaluación continua de las condiciones laborales e implementación de políticas que protejan a los trabajadores de los efectos adversos del estrés térmico en el trabajo.

Aportan al respecto de este tema, (Moreno, 2021), manifiesta respecto de los riesgos del estrés térmico en trabajadores linieros son significativos y deben abordarse de manera prioritaria, ya que estos profesionales a menudo realizan sus tareas en condiciones ambientales desafiantes, como altas temperaturas y alta humedad, lo que los expone a un mayor riesgo de sufrir complicaciones a su salud, en vista que los peligros asociados incluyen el agotamiento o deshidratación, que pueden resultar en síntomas graves como mareos, debilidad, náuseas e incluso desmayos.

Además, el estrés térmico puede afectar la concentración y la toma de decisiones, lo que aumenta la probabilidad de accidentes laborales así como disminuye la eficiencia en el trabajo, por lo que para abordar estos riesgos, es fundamental implementar medidas preventivas sólidas, como proporcionar suficientes pausas o descansos en áreas frescas, facilitar el acceso al agua potable, brindar capacitación en reconocimiento de los síntomas del estrés térmico y la importancia de mantenerse hidratado.

La seguridad de los linieros eléctricos es de suma importancia, y la gestión efectiva del estrés térmico es esencial para proteger su salud y garantizar su rendimiento óptimo en el trabajo.

Finalmente, la estimación de la carga física mediante el consumo metabólico e Índice WBGT para linieros eléctricos representa un enfoque crucial en la investigación para comprender y mitigar los riesgos laborales en este campo, ya que esta metodología no solo proporciona una evaluación precisa de la demanda física experimentada por los linieros, sino que también identifica de manera efectiva los desafíos relacionados con el estrés térmico en su entorno laboral.

Por lo tanto, al combinar la medición del consumo metabólico, que refleja la energía requerida para llevar a cabo las tareas, con el Índice WBGT, que evalúa las condiciones ambientales, se obtiene una imagen completa de la carga física.

De acuerdo (Castillo, 2020) esto permite implementar medidas de seguridad específicas, como la programación de pausas adecuadas, la asignación de tareas y la

adaptación de prácticas laborales para garantizar que los linieros puedan desempeñar sus funciones de manera segura y eficiente.

La aplicación de esta metodología se convierte en un recurso esencial para proteger la salud y seguridad de los linieros eléctricos, al tiempo que optimiza la eficiencia en el desempeño de su trabajo en un entorno potencialmente desafiante.

## **CAPÍTULO V.**

### **5.1. PROPUESTA**

#### **5.1.1. Introducción**

La industria eléctrica desempeña un papel esencial en el suministro de energía a las comunidades y la infraestructura crítica, en la cual, los linieros eléctricos, quienes son responsables del mantenimiento y reparación de redes eléctricas, juegan un papel vital en este sector. Sin embargo, este trabajo no está exento de desafíos, ya que los linieros a menudo se enfrentan a condiciones laborales exigentes y exposición a factores de riesgo ambiental, como el estrés térmico, por lo que el sector de Sucumbíos, con su clima cálido y a menudo tropical, presenta un contexto particularmente desafiante para estos profesionales.

La exposición a una carga física excesiva y al estrés térmico no solo puede poner en peligro la salud y la seguridad de los linieros, sino que también puede afectar la eficiencia y la calidad del trabajo realizado, por lo tanto, en base a los resultados obtenidos en la etapa de diagnósticos se desarrollaron las siguientes acciones preventivas, así como correctivas.

### 5.1.2. Planificación preventiva Técnico operador de Equipo Pesado para Redes de Distribución

**Tabla 13**

*Planificación Técnico Operador de Equipo Pesado para Redes de Distribución*

<b>Dificultad presentada</b>	<b>Medida preventiva</b>	<b>Indicador de cumplimiento</b>	<b>Responsable</b>	<b>Seguimiento</b>	<b>Ejecución</b>	<b>Inversión</b>	<b>Prioridad</b>
Ambientes al aire libre en condiciones climáticas extremas	Programa de monitoreo de condiciones climáticas	Registro de la frecuencia de alertas climáticas y la adhesión de los trabajadores al uso de ropa y equipo de protección	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$2.500,00	Alta
<b>Levantamiento y manipulación de cargas pesadas</b>	Capacitación regular en técnicas de manejo seguro de cargas , fomentando el uso de herramientas y equipo adecuado	Registro y evaluación de incidentes relacionados con el levantamiento de cargas pesadas y ajustar las prácticas en consecuencia.	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$1.000,00	Alta
<b>Trabajo en alturas</b>	Capacitaciones periódicas en seguridad en altura y establecer procedimientos para la realización de tareas en estas condiciones.	Realización y registro de la capacitación	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$1.500,00	Alta



<b>Exposición a altas temperaturas y la humedad</b>	Programa de promoción de hidratación adecuada al proporcionar acceso constante a agua fresca y fomentar pausas regulares para hidratarse.	Programa de promoción en funcionamiento	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$500,00	Alta
<b>Horarios irregulares y trabajo en turnos</b>	Implementar un sistema de gestión de turnos que permita una rotación justa y predecible de los horarios de trabajo	Sistema de gestión de turnos en funcionamiento	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$500,00	Alta

*Nota.* Propuesta de medida preventivas para un Técnico Operador de Equipo Pesado para Redes de Distribución

**Parcial: \$ 6.000,00**

### 5.1.3 Planificación Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución

**Tabla 14**

*Planificación Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución*

<b>Dificultad presentada</b>	<b>Medida preventiva</b>	<b>Indicador de cumplimiento</b>	<b>Responsable</b>	<b>Seguimiento</b>	<b>Ejecución</b>	<b>Inversión</b>	<b>Prioridad</b>
<b>Dificultad de Acceso a Sombras</b>	Proporcionar ropa de trabajo con protección UV, que cubra la piel expuesta y minimice la exposición directa al sol.	Registro de la distribución y uso de ropa de trabajo con protección UV.	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimstral	Rápida	\$2.500,00	Alta
<b>Altas Demandas Físicas durante Emergencias</b>	Desarrollar protocolos específicos de seguridad y manejo de emergencias que incluyan rotación de tareas y pausas regulares.	Protocolos de seguridad y manejo de emergencias en implementado.	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimstral	Rápida	\$500,00	Alta
<b>Dificultad para Enfriar el Cuerpo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Proporcionar áreas de enfriamiento equipadas con agua fría o toallas húmedas.</li> <li>•Fomentar pausas más frecuentes y prolongadas para rehidratación.</li> <li>•Capacitar a los trabajadores en el reconocimiento de los signos de</li> </ul>	<p>Áreas de enfriamiento en funcionamiento.</p> <p>Registro y control de pausas activas.</p> <p>Capacitación ejecutada</p>	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimstral	Rápida	\$2.500,00	Alta

agotamiento por calor							
<b>Exposición a Elementos Ambientales</b>	Establecer protocolo de evacuación segura en caso de condiciones climáticas extremas.	Protocolo en funcionamiento	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$500,00	Alta

*Nota.* Propuesta de medida preventivas para un Técnico 1 de Mantenimiento de Redes de Distribución

**Parcial: \$ 6.000,00**

#### 5.1.4. Planificación Técnico 2 de Mantenimiento de Redes de Distribución

**Tabla 15**

*Planificación Técnico 2 de Mantenimiento de Redes de Distribución*

<b>Dificultad presentada</b>	<b>Medida preventiva</b>	<b>Indicador de cumplimiento</b>	<b>Responsable</b>	<b>Seguimiento</b>	<b>Ejecución</b>	<b>Inversión</b>	<b>Prioridad</b>
<b>Elevado Consumo Metabólico por Tareas Físicas Intensivas</b>	Implementar programas de capacitación en técnicas de manejo seguro de cargas para reducir la carga física en tareas pesadas.	Registro de la capacitación y participación de los trabajadores en técnicas de manejo seguro de cargas.	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$1.000,00	Alta

<b>Exposición Continua a Altas Temperaturas</b>	Desarrollar un cronograma de tareas al aire libre en horarios más frescos del día, evitando las horas pico de calor.	Cronograma de tareas al aire libre implementado	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$ 500,00	Alta
<b>Riesgo de Deshidratación</b>	Implementar un programa de hidratación que incluya acceso constante a agua fresca y pausas regulares para beber.	Programa de hidratación implementado	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$ 500,00	Alta
<b>Alta Demanda Cardiovascular</b>	Realizar evaluaciones médicas periódicas para identificar a trabajadores con afecciones cardíacas preexistentes y brindarles orientación específica.	Registro de las evaluaciones médicas y seguimiento de trabajadores con afecciones cardíacas.	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$ 200,00	Alta
<b>Alto Consumo de Energía durante el Montaje de Equipos</b>	Proporcionar capacitación específica sobre el montaje de equipos pesados, enfocándose en técnicas ergonómicas para reducir la fatiga y el consumo de energía.	Registro de la capacitación y participación de los trabajadores en técnicas ergonómicas.	Área de Talento humano y salud ocupacional.	Cuatrimestral	Rápida	\$ 1.000,00	Alta

*Nota.* Propuesta de medida preventiva para un Técnico 2 de Mantenimiento de Redes de Distribución

**Parcial: \$ 3.200,00**

**Total: \$15.200,00**

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1. Conclusiones**

Con la estimación del consumo metabólico y medición del índice WBGT, se logró evaluar la carga física de trabajo en técnicos de mantenimiento de redes de distribución llegando a determinar una incidencia alta de estrés térmico en la mayoría de los puestos evaluados, considerando su nivel de exposición recurrente y la complejidad de las actividades que realizan.

Se logró detallar de manera sólida y fundamentada las bases teóricas relacionadas con la carga física de trabajo, así como la importancia de la determinación de los tiempos de trabajo y reposo, ya que esta comprensión profunda sienta las bases necesarias para abordar las siguientes etapas de la investigación y proporciona un marco sólido para analizar los resultados obtenidos.

Luego de aplicar las metodologías para calcular la carga física de trabajo en el contexto específico de los linieros eléctricos en Sucumbíos, Ecuador, se determinó que existen tareas pesadas que sobrepasan los 350kcal/hora, en cuanto al índice WBGT los valores medidos exceden el  $WBGT_{ref}$  por lo que existe riesgo alto de estrés térmico en las actividades estudiadas. Por otro lado, la aplicación de la escala SOFI-SM indica que el nivel de riesgo a la fatiga laboral en su mayoría es aceptable mientras que un porcentaje bajo requiere de acciones aconsejadas y prioritarias.

La identificación de riesgos relacionados con la carga física y el estrés térmico ha permitido establecer pautas específicas para garantizar la salud, así como seguridad de los trabajadores, ya que la propuesta diseñada no solo aborda la prevención de la fatiga, sino que también busca mejorar las condiciones laborales y la calidad de vida de los linieros eléctricos en Sucumbíos.

## **6.2. Recomendaciones**

En la empresa de distribución eléctrica en Sucumbíos, Ecuador, se deben implementar programas de formación y capacitación continua para sus trabajadores, los cuales deben enfocarse en la comprensión de la carga física de trabajo, así como su impacto en la salud laboral y la importancia de los tiempos de trabajo y reposo adecuados, ya que esto ayudará a los trabajadores a desarrollar una mayor conciencia de su entorno laboral y a adoptar prácticas más seguras y saludables.

De gran aporte será el impulsar nuevas investigaciones referentes al tema de estrés térmico por exposición a condiciones extremas de calor considerando la variabilidad climática actual y la problemática de cambio climático que se enfrenta a nivel global, con la finalidad de aportar mayor información para el análisis y estudio en bienestar de quienes realizan sus actividades laborales al aire libre.

Se deben realizar evaluaciones regulares de riesgo térmico y carga física para los trabajadores de campo en las empresas de Sucumbíos, ya que estas deben llevarse a cabo de manera periódica, especialmente durante condiciones climáticas extremas, y los resultados deben utilizarse para adaptar los horarios de trabajo, proporcionar el equipo de protección personal adecuado, así como establecer pausas programadas para garantizar la seguridad y el bienestar de los trabajadores.

Será importante implementar un sistema de trabajo-descanso de manera efectiva e integrarlo en las políticas y procedimientos operativos de la empresa eléctrica, lo cual implica asignar tiempos de descanso adecuados de acuerdo con las condiciones climáticas así como la carga física, garantizando que los trabajadores estén informados y cumplan con estas pausas de manera rigurosa, fomentando una cultura organizacional que valore la salud y seguridad de los trabajadores como una prioridad, ya que esta implementación adecuada del sistema ayudará a prevenir la fatiga y reducirá significativamente los riesgos laborales.

## REFERENCIAS

- Alvear, I. (2021). Sweating, dehydration and prevention of heatstroke. *Archivos de Medicina del Deporte*, 38(3), 160-162.  
<https://doi.org/10.18176/archmeddeporte.00037>
- Asociación Internacional de Ergonomía. (2000). *¿Qué es la ergonomía (HFE)?*  
<https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
- Bellochio, S. D. C., Coradi, P. C., Maran, V., Dos Santos, M. A., Silveira, L. W., & Teodoro, P. E. (2022). Towards a software architecture to manage occupational safety at grain handling and storage facilities. *Scientific Reports*, 12(1), 2612.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-06534-8>
- Bestratén, M., Hernández, A., Luna, P., Nogareda, C., Oncins, M., & Solé, M. D. (2008). *Ergonomía* (5a. ed. act). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/710902/Ergonom%C3%ADa+-+A%C3%B1o+2008.pdf/18f89681-e667-4d15-b7a5-82892b15e1fa>
- Campa, R., Bouza, M., & Louro, J. (2020). *Estrés por calor: riesgo y prevención*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Castillo, J. (2020). Evaluación de un método de cálculo para estimar la carga de trabajo en trabajadores. *Salud de los Trabajadores*, 18(1), 17-33.  
<https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=375839295003>
- CENEA. (2023). ¿Qué son los riesgos ergonómicos? Guía definitiva 2023. *Artículos ergonomía laboral*. <https://www.cenea.eu/riesgos-ergonomicos/>
- Comunidad Andina de Naciones. (2008, marzo 12). *Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. Resolución 957* [Resolución 957].
- Constitución de la República del Ecuador, Art. 33. Registro Oficial 449. (2008).
- De Oliveira, B. F. A., Silveira, I. H., Feitosa, R. C., Horta, M. A. P., Junger, W. L., & Hacon, S. (2019). Human Heat stress risk prediction in the Brazilian semiarid Region based on the Wet-Bulb Globe Temperature. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 91(3), 13. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180748>
- Decreto Ejecutivo 2393, Registro Oficial 565 (1986). <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/DECRETO-EJECUTIVO-2393.-REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf?x42051>
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R., & Van Der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: Developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55(4), 377-395.  
<https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>

- Falagán, M., Canga, A., Ferrer, P., & Fernández, J. (2000). *Manual básico de prevención de riesgos laborales: Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía* (Primera). Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias.
- García, M. (2020). *Monitoreo, evaluación y medidas técnicas de prevención y control de factores de Riesgos Físicos* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sede Esmeraldas]. <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/2240>
- Garnica, A., & Cruz, A. (2011). *Ergonomía Aplicada* (4 ed). Ecoe Ediciones.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Lago Agrio 2019—2023, 581 (2019). [http://lagoagrio.gob.ec/alcaldia/files/descargas/PDOT/pdot\\_imagen.pdf](http://lagoagrio.gob.ec/alcaldia/files/descargas/PDOT/pdot_imagen.pdf)
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Lago Agrio. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Lago Agrio 2019—2023* [Entrevista]. [http://lagoagrio.gob.ec/alcaldia/files/descargas/PDOT/pdot\\_imagen.pdf](http://lagoagrio.gob.ec/alcaldia/files/descargas/PDOT/pdot_imagen.pdf)
- Gutiérrez, R. E., Guerra, K. B., & Gutiérrez, M. D. (2018). Evaluación de Riesgo por Estrés Térmico en Trabajadores de los Procesos de Incineración y Secado de una Empresa de Tableros Contrachapados. *Información tecnológica*, 29(3), 133-144. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300133>
- Herrera, L. P. (2018). *Evaluación del estrés térmico por calor en el taladro de reacondicionamiento de pozos petroleros para la mejora de la calidad de vida de la cuadrilla de la empresa Triboilgas Cía. Ltda* [Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9334>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). *Posturas de trabajo: Evaluación del riesgo* (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Posturas+de+trabajo.pdf/3ff0eb49-d59e-4210-92f8-31ef1b017e66>
- IPCC. (2019). *Calentamiento global de 1,5°C* (p. 32). Panel Intergubernamental del Cambio Climático. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>
- ISO. (2017). *Ergonomics of the thermal environment—Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature)* [ISO 7243].
- ISO. (2021). *Ergonomics of the thermal environment—Determination of metabolic rate* [ISO 8996].
- ISTAS. (2019). *Exposición laboral a estrés térmico por calor y sus efectos en la salud. ¿Qué hay que saber?* QAR Comunicación, SA. <https://istas.net/salud-laboral/herramientas-de-prevencion-de-riesgos-laborales-para-pymes/ambiente-de-trabajo>
- Jara, P. (2021). Confort térmico, su importancia para el diseño arquitectónico y la calidad ambiental del espacio. *Arquitectura y Bienestar Sostenible*, 19(4), 45. <https://doi.org/https://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/amasc/article/view/2529/2318>



- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4a ed. rev). OIT.
- Luque-Moreno, U. A., Solórzano-Guillen, G., Martínez-Soto, M. E., Morris-Díaz, A., & Rodríguez-Monroy, C. (2018). Estrés Térmico en el Área de Producción de una Panadería de Acuerdo a la Norma CONVENIN 2254-1995. *Proceedings of the 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion"*. The 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion", Lima.  
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.376>
- Maestre, L. M. (2017). *Ergonomía ocupacional* (Primera). Fundación Universitaria del Área Andina. <https://core.ac.uk/download/pdf/326426097.pdf>
- Marín, K. J. (2019). *Tiempo máximo aceptable de trabajo como estimador del efecto de una intervención tecnológica y organizacional sobre la respuesta fisiológica de trabajadores de la actividad económica de coquización en el altiplano cundiboyacense* [Universidad del Valle].  
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/15123>
- Meng, X., Xue, S., An, K., & Cao, Y. (2022). Physiological Indices and Subjective Thermal Perception of Heat Stress-Exposed Workers in an Industrial Plant. *Sustainability*, 14(9), 13. <https://doi.org/10.3390/su14095019>
- Moreno, Y., Zarza, A., & Pinto, F. (2021). *Diagnóstico y Evaluación de las Condiciones Térmicas de Calor a las que están expuestos los trabajadores en el área de producción de una empresa de bebidas en la ciudad de Montería, Departamento de Córdoba* [Corporación Universitaria UNITEC].  
<https://repositorio.unitec.edu.co/handle/20.500.12962/827>
- Moreno, J. (2021). Viabilidad del uso de la termografía infrarroja en la evaluación del estrés térmico en soldadores industriales. Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI).
- Narocki, C. (2021). *Los episodios de altas temperaturas como riesgo laboral: Su impacto en la salud, la seguridad y el bienestar de la población trabajadora y en las desigualdades sociales*. (p. 79). ETUI. <https://www.aehi.es/wp-content/uploads/2022/06/Los-episodios-de-altas-temperaturas-como-riesgo-laboral-2022.pdf>
- OIT. (2019). *Trabajar en un planeta más caliente: El impacto del estrés térmico en la productividad laboral y el trabajo decente* (Primera). Organización Internacional del Trabajo. [https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS\\_768707/lang-es/index.htm](https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_768707/lang-es/index.htm)
- Ortega, J. A. (2022). *Índice WBGT: revisión del método*. INVASSAT.  
<https://invassat.gva.es/documents/161660384/355137734/AT-220102+%C3%8Dndice+WBGT+-+revisi%C3%B3n+del+m%C3%A9todo.pdf/137084b8-0210-a503-a1fd->

39b6db73c23e?t=1645786988058#:~:text=Para%20el%20c%C3%A1lculo%20del%20C3%ADndice,el%20interior%20de%20una%20nave.&text=Una%20vez%20obtenido%20el%20valor,relativo%20a%20la%20ropa%20empleada.

Otero, A. (2018). *Enfoques de Investigación*.

[https://www.researchgate.net/publication/326905435\\_ENFOQUES\\_DE\\_INVESTIGACION](https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION)

Phanprasit, W., Rittaprom, K., Dokkem, S., Meeyai, A. C., Boonyayothin, V., Jaakkola, J. J. K., & Näyhä, S. (2021). Climate Warming and Occupational Heat and Hot Environment Standards in Thailand. *Safety and Health at Work, 12*(1), 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.09.008>

Ramirio, L. D., Sabino, P. H. de S., Oliveira Júnior, G. G. de, & Silva, A. B. da. (2021). Workers' exposure to occupational heat during manual coffee harvesting. *Ciência Rural, 51*(11), 4. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200556>

Ramirio, L. D., Sabino, P. H. S., Júnior, G. G. de O., Silva, A. B. da, & Pereira, W. R. (2020). Exposure of workers to occupational heat during the application of phytosanitary products in coffee crop. *Bioscience Journal, 36*(4). <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n4a2020-47906>

Ramos, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica, 9*(3), 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746475>

Decreto Ejecutivo 2393, Registro Oficial 565 (1986). <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/DECRETO-EJECUTIVO-2393.-REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf?x42051>

Rosero, M. C. (2018). *Índice de sobrecarga térmica y su incidencia en la salud laboral de los trabajadores del sector de fabricación de confites* [Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27781>

Saavedra-Robinson, L. A., Marín-Londoño, V., & Palacios-González, C. (2018). Diseño de un plan de acción para reducir la carga física biomecánica en empresas del sector del calzado del Valle del Cauca. *Revista UIS Ingenierías, 17*(2), 241-252. <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018021>

Sebastián, M. L. (2016). *Apuntes de ergonomía: Reflexiones para la práctica de las evaluaciones ergonómicas y psicosociales*. Fundación para la Formación y la Práctica de la Psicología.

Sebastián, M. L., Idoate, V., Llano, M., & Almanzor, F. (2008). SOFI-SM : cuestionario para el análisis de la fatiga laboral física, mental y psíquica. *Universidad de Huelva, 22*. <https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/3420>

Shimazaki, T., Anzai, D., Watanabe, K., Nakajima, A., Fukuda, M., & Ata, S. (2022). Heat Stroke Prevention in Hot Specific Occupational Environment Enhanced by Supervised Machine Learning with Personalized Vital Signs. *Sensors, 22*(1), 12. <https://doi.org/10.3390/s22010395>

- Teimori, G., Monazzam, M. R., Nassiri, P., Golbabaei, F., Dehghan, S. F., Ghannadzadeh, M. J., & Asghari, M. (2020). Applicability of the model presented by Australian Bureau of Meteorology to determine WBGT in outdoor workplaces: A case study. *Urban Climate*, 32, 8. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100609>
- Tustin, A. W., Lamson, G. E., Jacklitsch, B. L., Thomas, R. J., Arbury, S. B., Cannon, D. L., Gonzales, R. G., & Hodgson, M. J. (2018). Evaluation of Occupational Exposure Limits for Heat Stress in Outdoor Workers—United States, 2011–2016. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67(26), 733-737. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6726a1>
- Villacis, W. (2022). Estudio del estrés térmico y su efecto en la salud de los trabajadores en el área de producción de una industria alimenticia. *Revista Carácter*, 10(1), 5. <https://doi.org/https://www.upacifico.revistasjournals.com/index.php/up/article/view/113/71>
- Villalobos, A. (2020). Determinación de los principales factores que influyen en las lesiones músculo esqueléticas de los trabajadores del Mercado Central de Cartago, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(3), 102. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i3.4469>

# ANEXOS

## ANEXO A

*Certificado de calibración del equipo medidor de estrés térmico*

**SPER SCIENTIFIC** Environmental Measurement Instruments

### CERTIFICATE OF COMPLIANCE

**ITEM:** 800037C      **Serial Number:** 097285      **Certificate Number:** 220915097285  
**Date:** 09/15/2022

Sper Scientific, Ltd. confirms that the above instrument meets or exceeds the published specifications unless otherwise noted. Calibrations have been performed using instrumentation and standards that are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). Calibration of our traceable standards has been performed by 3<sup>rd</sup> party calibration companies certified to ISO/IEC 17025:2017 and ANSI/NCSL Z540-1-1994. The stated uncertainty represents an expanded uncertainty expressed at approximately the 95% confidence level using a coverage factor of K = 2. The results below refer only to the specific instrument listed.

**Specifications:**

Temp. Range	0°C to 50°C - 32 to 122°F	Hum. Range:	5 % to 95%
Temp. Accuracy	± 0.8°C (1.5°F)	Hum. Accuracy:	± 3% read + 1% RH

**NIST Standard Testing Equipment Used:**

Manufacturer:	Model	Serial No.	Date Due:	NIST Report #
Vaisala	Indigo 201	U 1130776	3/16/2023	HEL-C-221130012
Sper	800021C	S.036914	11/10/2022	607590

**In controlled temperature room:**

	Air Temp.	Humidity	Correction	
NIST Standard	25.8°C	32.9%		
800037C	26.0°C	31.5%	0.2°C	1.4%

**In climate-controlled test chamber:**

	Air Temp.	Humidity	Correction	
NIST Standard	20.6°C	83.6%		
800037C	20.8°C	82.7%	0.2°C	0.9%

Relative Humidity: 25%  
Temperature: 24°C

Date Due: 09/15/2023  
Test Report Line Number: 87485

**NIK VANNIKOV**  
Sper Scientific  
Quality Assurance

**BioViento**  
ENVIÓNE SU INSTRUMENTO PARA CALIBRAR  
4617/02/01

5181 EAST EVANS RD. SUITE #103, SCOTTSDALE, AZ 85260 • P. 480.948.4448 • F. 480.957.8736 • SPERSCIENTIFIC.COM

## ANEXO B

Formato de ficha para levantamiento de información sociodemográfica

<b>FICHA DATOS PERSONALES</b>									
<b>TEMA DE INVESTIGACIÓN:</b> ESTIMACIÓN DE CARGA FÍSICA MEDIANTE EL CONSUMO METABÓLICO E ÍNDICE WBGT PARA LINIEROS ELÉCTRICOS, SUCUMBÍOS-ECUADOR.					Fecha: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dd mm aa				
					Código: <input type="text"/>				
I. DATOS PERSONALES									
Apellidos: <input type="text"/>			Nombres: <input type="text"/>						
Edad: <input type="text"/>			Estado civil: <input type="text"/>						
Estatura: <input type="text"/>			Peso: <input type="text"/>						
Lugar de nacimiento: <input type="text"/>			Fecha de nacimiento: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dd mm aa						
Nacionalidad: <input type="text"/>			Género: <input type="text"/>						
N° C.I. / Pasaporte: <input type="text"/>			Dirección de domicilio: <input type="text"/>						
Lugar de residencia: <input type="text"/>			Teléfono celular: <input type="text"/>						
Teléfono convencional: <input type="text"/>			Discapacidad: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO						
Número de cargas familiares: <input type="text"/>			Tipo de discapacidad: <input type="text"/>						
Carnét del Conadis: <input type="text"/>			Porcentaje: <input type="text"/>						
Sufre de Alguna enfermedad crónica?			<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO		¿Cuál? <input type="text"/>		
Etnia:		<input type="checkbox"/> Afroecuatoriano		<input type="checkbox"/> Blanco		<input type="checkbox"/> Indígena		<input type="checkbox"/> Mestizo	
<input type="checkbox"/> Montubio		<input type="checkbox"/> Mulato		<input type="checkbox"/> Negro		<input type="checkbox"/> Otro			
II. DATOS LABORALES									
FECHA DE INGRESO A SU ACTUAL TRABAJO: <input type="text"/>					TIEMPO DE SERVICIO: <input type="text"/>				
CARGO: <input type="text"/>									
PROFESIÓN: <input type="text"/>									
III. ANTECEDENTES LABORALES									
EMPRESA:		CARGO			FECHA DE INGRESO		FECHA DE EGRESO		
<input type="text"/>		<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input type="text"/>		
<p><b>CONSENTIMIENTO INFORMADO:</b> Todos los datos que incluyo en este formulario son verdaderos y no he ocultado ningún acto o hecho. Declaro que conozco que los datos obtenidos en el levantamiento de información y los resultados serán considerados como datos estadísticos generalizados, es decir, como información del grupo de estudio y mas no de forma personalizada, ni con fines discriminatorios o laborales, por lo cual, consiento voluntariamente participar en esta investigación.</p>									
<input type="text"/>				<input type="text"/>			<input type="text"/>		
<b>NOMBRE</b>				<b>FIRMA</b>			<b>FECHA</b>		

## ANEXO C

### Formato de escala SOFI-SM

#### ESCALA SOFI – SM (1)

Marque con un aspa (X) en qué medida las expresiones siguientes describen cómo se siente habitualmente al final de su jornada laboral. Utilice la escala que está a la derecha de cada expresión donde 0="nada en absoluto" y 10="en alto grado".

DIMENSION	SENSACIÓN	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PTJ
FE	Agotado												
	Exhausto												
	Extenuado												
CF	Respirando con dificultad												
	Palpitaciones												
	Con calor												
DF	Con las articulaciones agarrotadas												
	Entumecido												
	Dolorido												
FM	Apático												
	Pasivo												
	Indiferente												
SM	Somnoliento												
	Durmiéndome												
	Bostezante												
IR	Irritable												
	Enojado												
	Furioso												
												TOTAL	

Puntuación total: \_\_\_\_\_ X 100 = \_\_\_\_\_ /600 = \_\_\_\_\_ Nivel: \_\_\_\_\_ Acciones \_\_\_\_\_

#### INTERPRETACIÓN ESCALA SOFI - SM

DIMENSIÓN	ITEMS
FALTA DE ENERGIA Anergia, sentimientos generales de fuerza disminuida	Agotado Exhausto Extenuado
CANSANCIO FISICO Sensaciones corporales generales que pueden ser el resultado de un trabajo dinámico y, hasta cierto punto, el signo de un agotamiento metabólico	Respirando con dificultad Palpitaciones Con calor
DISCONFORT FISICO Describe sensaciones corporales más localizadas que pueden ser el resultado de una carga de trabajo estática o isométrica,	Con las articulaciones agarrotadas Entumecido Dolorido
FALTA DE MOTIVACIÓN Hace referencia al sentimiento de no estar comprometido ni entusiasmado con el trabajo	Apático Pasivo Indiferente
SOMNOLENCIA Recoge sensaciones de somnolencia	Somnoliento Durmiéndome Bostezante
IRRITABILIDAD Dimensión que describe sensaciones de irritación, nerviosismo, enojo o irascibilidad	irritable Enojado Furioso

#### CALIFICACIÓN:

Cada ítem es valorado mediante una escala de 0 a 10 y cada dimensión obtiene una puntuación de 0 a 100.

Se añade una medida de valor conjunto llamada SSM-Index (SOFI spanish modified version index) obtenida del sumatorio de las puntuaciones en cada una de las dimensiones de fatiga (6) multiplicado por 100 y dividido por 600, de este modo el SSM-Index arroja una puntuación de la fatiga global de cero a 100.

## ANEXO D

*Caracterización de las actividades, área de trabajo y de la población de estudio*





## ANEXO E

*Medición del Índice WBGT con el medidor de estrés térmico en actividades diarias.*

