

**ESTUDIO DE ESTRÉS TÉRMICO EN EL ÁREA TÉCNICA Y OPERATIVA DEL  
CDA DIAGNOSTIMOTOS EN LA CIUDAD DE POPAYÁN CAUCA**



**MILDRED ALEJANDRA HERNÁNDEZ CABRERA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
POPAYÁN, CAUCA  
2023**

**ESTUDIO DE ESTRÉS TÉRMICO EN EL ÁREA TÉCNICA Y OPERATIVA DEL  
CDA DIAGNOSTIMOTOS EN LA CIUDAD DE POPAYÁN CAUCA**



**MILDRED ALEJANDRA HERNÁNDEZ CABRERA**

**PROYECTO DE GRADO**

**Director  
NELSON PAZ RUIZ  
Ingeniero Industrial**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
POPAYÁN, CAUCA  
2023**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Corporación Universitaria Comfacauca para optar por el título de Ingeniero Industrial.**

---

**Director de la opción de grado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Popayán 29, 01, 2024**

## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| RESUMEN.....  | 10   |
| ABSTRACT.....   | 11   |
| PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....             | 12   |
| JUSTIFICACIÓN.....  | 16   |
| OBJETIVOS.....  | 19   |
| OBJETIVO GENERAL.....                                     | 19   |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                | 19   |
| ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.....                           | 20   |
| <br>  |      |
| CAPÍTULO I.....   | 21   |
| MARCO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN.....                | 21   |
| 1. A NIVEL INTERNACIONAL.....                             | 21   |
| 2. A NIVEL NACIONAL.....                                  | 23   |
| 3. A NIVEL REGIONAL.....                                  | 24   |
| MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....                    | 26   |
| 1. Salud.....   | 27   |
| 2. Factores de riesgo.....                                | 28   |
| 3. Riesgo por estrés térmico.....                         | 29   |
| 4. Factores individuales de riesgo.....                   | 30   |
| 5. Efectos sobre la salud de la exposición al calor.....  | 31   |
| 6. Factores de las condiciones ambientales.....           | 32   |
| 7. Índices de confort térmico.....                        | 33   |
| 8. Índice PMV (Predicted Mean Vote).....                  | 34   |
| 9. Índice WBGT (Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo)..... | 35   |
| 10. Consumo metabólico.....                               | 36   |
| 11. Índice de sobrecarga calórica (ISC):.....             | 37   |
| 12. Evaluación del riesgo.....                            | 37   |
| 13. Instrumentos de medición.....                         | 39   |
| 14. Metodología de medición de consumo metabólico.....    | 40   |

|   |     |
|---|-----|
| 15. Límites permitidos de temperatura en las empresas en Colombia.<br>Temperatura ambiente: ..... | 44  |
| 16. Efectos para la salud de los operarios expuestos a estrés térmico. ....                       | 44  |
| 17. Efectos sobre la salud de la exposición al calor .....  | 45  |
| 18. Enfermedades relacionadas con el calor:.....  | 47  |
| 19. Marco legislativo que rige para el estrés térmico.....  | 50  |
| METODOLOGÍA.....  | 53  |
| <br>  |     |
| CAPÍTULO II.....  | 54  |
| DIAGNÓSTICO INICIAL .....   | 54  |
| 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....  | 54  |
| <br>  |     |
| CAPÍTULO III.....   | 74  |
| DESARROLLO O EJECUCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO .....  | 74  |
| 1. Procedimiento para realizar las mediciones .....   | 75  |
| 2. Configuración del equipo .....   | 78  |
| <br>  |     |
| CAPÍTULO IV.....  | 80  |
| RESULTADOS ALCANZADOS Y DISCUSIÓN DE LOS MISMOS .....   | 80  |
| 1. RECOPIACION Y ANALISIS DE DATOS .....  | 80  |
| 2. ESTRATEGÍAS DE MEJORA .....  | 98  |
| 2.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN .....   | 98  |
| 2.1.2. MEDIDAS A APLICAR SOBRE LOS INDIVIDUOS O<br>TRABAJADORES EXPUESTOS.....                    | 103 |
| <br>  |     |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....  | 106 |
| REFERENCIAS .....   | 109 |

## LISTA DE FIGURAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Fig. 1. Concepto de Salud OMS. [1] .....   | 27          |
| Fig. 2. Variables del concepto salud OMS. [16] .....   | 27          |
| Fig. 3. Medio ambiente de trabajo. [16].....   | 28          |
| Fig. 4. Factores individuales de riesgo por estrés térmico. [17] .....                             | 31          |
| Fig. 5. Resumen de los efectos del riesgo térmico. [17] .....                                      | 32          |
| Fig. 6. Índices de valoración de ambiente térmico. [21] .....                                      | 34          |
| Fig. 7. Esquema de valoración en ambientes térmicos. [23].....                                     | 38          |
| Fig. 8. Medidor de estrés térmico Extech HT30. [24] .....  | 39          |
| Fig. 9. Metodología de la investigación [19].....  | 53          |
| Fig. 10. Logotipo CDA DIAGNOSTIMOTOS. [27] .....   | 54          |
| Fig. 11. Ubicación geográfica CDA DIAGNOSTIMOTOS. [29]. .....                                      | 56          |
| Fig. 12. Áreas funcionales del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. [27] .....                                | 57          |
| Fig. 13. Distribución en planta del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. [26] .....                           | 58          |
| Fig. 14. Área administrativa CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. [26] .....                                  | 59          |
| Fig. 15. Estaciones del área productiva. [26] .....  | 59          |
| Fig. 16. Operario en estación de pre-revisión. [26]. .....   | 60          |
| Fig. 17. Operario en estación sensorial. [26]. .....   | 62          |
| Fig. 18. Operario realizando la prueba de frenos. [26].....  | 66          |
| Fig. 19. Operario realizando la prueba de gases. [26]. .....                                       | 67          |
| Fig. 20. Diagrama de procesos de revisión técnico-mecánica CDA<br>DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. [26] ..... | 70          |
| Fig. 21. Elevador hidroneumático [60] .....  | 71          |
| Fig. 22. Luxómetro para motocicletas. [61] .....   | 72          |
| Fig. 23. Frenómetro para motocicletas. ....  | 72          |
| Fig. 24. Equipo completo de analizador de gases. [63]. .....                                       | 73          |
| Fig. 25. Estaciones de estudio de medición de estrés térmico. [56]. .....                          | 75          |

|   |     |
|---|-----|
| Fig. 26. Diseño de planta con áreas de investigación demarcadas. [26] .....                                       | 76  |
| Fig. 27. Diseño de planta con zonas y puntos específicos de toma de datos.[26].                                   | 76  |
| Fig. 28. Punto de toma de datos de estaciones pre y post revisión. [26]. .....                                    | 77  |
| Fig. 29. Puntos de medición de los equipos de revisión. [26]. .....   | 78  |
| Fig. 30. Sensor de estrés térmico Extech HT30 y certificado de calibración. [31] .                                | 79  |
| Fig. 31. Puntos de medición de la zona 1. [26] .....  | 80  |
| Fig. 32. Puntos de medición de la zona 2. [27]. .....   | 81  |
| Fig. 33. Puntos de medición de la Zona 3. [27]. .....   | 82  |
| Fig. 34. Valores de las mediciones realizadas en la zona 1. [26]. .....   | 85  |
| Fig. 35. Valores de las mediciones realizadas en la zona 2. [26]. .....   | 87  |
| Fig. 36. Valores de las mediciones realizadas en la zona 3. [26]. .....   | 88  |
| Fig. 37. Valores permisibles de WBGT según ISO 7243. [3] .....  | 94  |
| Fig. 38. Modelo de funcionamiento de chimenea solar ubicada en la<br>infraestructura del CDA DIAGNOSTIMOTOS. .... | 99  |
| Fig. 39. Vista de chimenea solar situada por encima del techo del CDA<br>DIAGNOSTIMOTOS. ....                     | 101 |
| Fig. 40. Vista de chimenea solar dentro del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S....  | 102 |
| Fig. 41. Ubicación de extractores de aire con vista interior del CDA<br>DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. ....                | 102 |
| Fig. 42. Ubicación de extractores de aire con vista exterior del CDA<br>DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. ....                | 103 |

## GLOSARIO

**ACLIMATACIÓN:** acostumbrarse a trabajar en calor.

**BALANCE ELECTROLÍTICO:** mantenimiento de un correcto estado de hidratación y de aporte de minerales en el cuerpo humano.

**BEBIDA ISOTÓNICA:** se llama bebidas isotónicas aquellas bebidas rehidratantes o bebidas deportivas, es decir, aquellas con gran capacidad de rehidratación.

**CONFORT TÉRMICO:** sensación que experimentan las personas cuando no sienten ni frío ni calor con respecto al ambiente en el que desarrollan sus actividades.

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA:** propiedad física que mide la capacidad aislante de un material; cuanto más bajo sea su valor, más capacidad aislante tiene el material.

**CDA:** centro diagnóstico automotor.

**DISCONFORT TÉRMICO:** situaciones de malestar térmico que no es causante de un riesgo para la salud.

**EPP:** Equipos de protección personal.

**EURO 3:** normativa que implica reducción de emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.

**ENFERMEDADES CRÓNICAS:** enfermedad que continúa durante un periodo de tiempo prolongado, generalmente dura mucho tiempo y no desaparece de forma rápida o fácil.

**HIDROCARBUROS:** grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno.

**MONÓXIDO DE CARBONO:** es un gas muy tóxico para las personas y los animales. Reduce la capacidad para transportar oxígeno de la sangre y hace que las células no puedan utilizar el oxígeno que les llega.

**OBNUBILACIÓN:** Estado de la persona que sufre una pérdida pasajera del entendimiento y de la capacidad de razonar o de darse cuenta con claridad de las cosas.

**ÓXIDO DE NITRÓGENO:** mezcla de gases compuestos de nitrógeno y oxígeno y son considerados muy tóxicos para la salud humana.

**SG-SST:** sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

**TERMOHIGROMÉTRICAS:** condiciones físicas ambientales de temperatura, humedad y ventilación.

**2T:** tipo de motores que solo realizan (1) ciclo de combustión cada (2) recorridos del pistón.

**4T:** motores con tecnología avanzada que completan un ciclo termodinámico de (4) recorridos del pistón.

## RESUMEN

Actualmente en todas las empresas se busca el bienestar de las personas que laboran dentro de ellas, y existen técnicas preventivas como la higiene industrial, la ergonomía, entre otras que se utilizan para lograr este confort laboral; bajo todo esto se analizan variables ambientales, actividad física, equipos de protección personal y demás que constituyen una parte fundamental en el cumplimiento del SG-SST (El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo). Este proyecto se ejecutó en un CDA (Centro Diagnóstico Automotor) ubicado en el occidente de Popayán, llamado DIAGNOSTIMOTOS, donde se encargan de realizar revisiones técnico mecánicas y de emisiones contaminantes exclusivo para motocicletas 2T y 4T; bajo el resultado de estos procedimientos se notó la acumulación de vapores emitidos por los motores, especialmente el de 2T, junto con factores como la temperatura ambiente, la humedad relativa, la velocidad del aire y la radiación, se convirtieron en variables que aumentaban los índices de calor debido a la calidad, uso, modelo del motor, condiciones del clima de la ciudad, equipos de protección personal, y demás. Es por lo anterior que se realizó un estudio basado en la aplicación de indicadores ambientales para comprobar el nivel de estrés térmico dentro del CDA y generar estrategias de mitigación como métodos de ventilación y extracción del aire contaminado; para obtener la información requerida se realizó una investigación mixta estructurada en diversas fuentes de información y haciendo uso del sensor de estrés térmico EXTECH HT30, esta investigación se concluyó con el uso de la tabla de valores permisibles de WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), en el cual se obtuvo como resultado un nivel de temperatura de 30,2°C, valor que supera el límite WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) y se determinó el grado de riesgo que en escala de valoración resultó >1 que como rango calificativo también deduce la presencia de temperaturas altas que causan estrés térmico y que por consiguiente lleva a la existencia de riesgo para la salud en el área técnica y operativa del CDA.

## ABSTRACT

Currently, all companies seek the well-being of the people who work within them, and there are preventive techniques such as industrial hygiene, ergonomics, among others that are used to achieve this work comfort; Under all this, environmental variables, physical activity, personal protective equipment and others are analyzed that constitute a fundamental part in compliance with the SG-SST (The Occupational Health and Safety Management System). This project was carried out in a CDA (Automotive Diagnostic Center) located in the west of Popayán, called DIAGNOSTIMOTOS, where they are responsible for carrying out technical, mechanical and polluting emissions checks exclusively for 2T and 4T motorcycles; Under the result of these procedures, the accumulation of vapors emitted by the engines was noticed, especially the 2T engine, along with factors such as ambient temperature, relative humidity, air speed and radiation, became variables that increased the indices. . of heat due to quality, use, engine model, city weather conditions, personal protective equipment, and so on. For this reason, a study was carried out based on the application of environmental indicators to verify the level of thermal stress within the CDA and generate mitigation strategies such as ventilation and extraction methods of contaminated air; To obtain the required information, a mixed investigation was carried out structured in various sources of information and using the EXTECH HT30 thermal stress sensor. This investigation was concluded with the use of the table of permissible values of WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), in which resulted in a temperature level of 30.2°C, a value that exceeds the WBGT limit and the degree of risk was determined, which on the assessment scale was >1, which as a qualifying range also deduces the presence of high temperatures that They cause thermal stress and consequently leads to the existence of health risk in the technical and operational area of the CDA.

## PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La Organización mundial de la salud (OMS) define que “La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” [1]. Debido a esto, se conoce que el calor es uno de los factores físicos ambientales que más puede afectar al mundo laboral especialmente en determinadas épocas del año. El caso más habitual es el de los trabajadores que se exponen a calor, manifiestan sentir incomodidad o discomfort, pero en ocasiones si las condiciones son extremas, la incomodidad se transforma en peligrosidad o toxicidad para la vida y la salud [2].

Para lograr un buen rendimiento laboral, el ser humano depende de las condiciones adecuadas de temperatura en su organismo, por lo tanto, estar expuesto a un ambiente caluroso, como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, significa estar expuesto a un riesgo; es por esto, que se debe tener en cuenta que la existencia de altas temperaturas en el ambiente laboral pueden convertirse en una de las principales fuentes de problemas que afectan el rendimiento en la producción, pero especialmente el confort y la salud de los trabajadores.

Teniendo en cuenta la definición de Herrera *et al.* [3], el confort térmico es un factor físico que influye de forma directa en el rendimiento de las personas; este se presencia cuando las personas no experimentan sensaciones de calor ni de frío, es decir cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son favorables a la actividad que desarrollan. Es por ello que la primera condición de confort es la neutralidad térmica, es decir, cuando no se siente demasiado calor, ni demasiado frío. La temperatura corporal interna del ser humano está alrededor de los 37°C, sin embargo, cuando esta aumenta o disminuye más allá de sus límites normales, la condición de confort es perturbada y se limita la operación física y mental de la persona.

A nivel mundial el calor es uno de los contaminantes físicos ambientales más frecuentes en el mundo laboral, especialmente durante el verano, por lo que resulta vital que el personal de la salud se mantenga actualizado acerca de las condiciones climáticas donde el trabajador desarrolla su labor cotidiana, para evitar el estrés y la sobrecarga térmica en el hombre. En este caso se deben tener en cuenta elementos como el estrés térmico por calor, el equilibrio térmico, el confort térmico, disconfort térmico, aclimatación [4].

El cambio climático está causando, además de la elevación de temperaturas del planeta, el aumento de la frecuencia, la intensidad y los picos de las olas de calor. Las olas de calor son un fenómeno de calor extraordinario basándose en las condiciones normales de temperatura y humedad; si bien las olas de calor no son tan destructivas como otras amenazas naturales, estas pueden causar mortalidad y morbilidad que no son evidentes de forma inmediata debido a varias causas, incluida la falta de desarrollo de planes de acción que ayuden a predecir y prevenir enfermedades crónicas [5].

En una investigación realizada en España sobre “El estrés térmico laboral: Un nuevo riesgo de incidencia creciente” [6], se hace referencia a la importancia que deben prestar las empresas en evaluar ambientes térmicos, que les permita crear planes de contingencia que incluyen: un control sobre las tareas que requieren gasto metabólico excesivo, habilitación de puntos de hidratación, áreas con un control artificial de aire, dotación de equipo de protección personal, etc. Además, indica que las valoraciones médicas (exámenes médicos ocupacionales) deben contemplar, entre otros aspectos, los antecedentes médicos, como: enfermedades del sistema cardiovascular, vías respiratorias, diabetes o insuficiencia renal; lo que permitirá evaluar las capacidades corporales del personal que ingresa y si es apto o no para el puesto de trabajo.

Considerando que en el CDA DIAGNOSTIMOTOS, se encargan de realizar revisiones técnico mecánicas y de emisiones contaminantes exclusivo para motocicletas 2T y 4T; y donde se ha presentado la acumulación excesiva de vapores

que emiten los motores, especialmente el de 2T, es necesario hacer énfasis en las normas actualmente establecidas, en dónde entidades gubernamentales como el ministerio de transporte y ambiente buscan la reducción de emisiones contaminantes. La ley 1972 por la cual se establece medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles y decreta que a partir del 1° de enero de 2021 cualquier vehículo de dos ruedas cuyo conductor desee hacerlo circular por territorio colombiano debe cumplir una homologación que lo certifique con el estándar Euro3 de emisiones [7]. Es necesario conocer que las motocicletas con tecnología Euro 3 cuenta con sensores, actuadores, catalizadores, entre otros mecanismos que implican una reducción de 64% en las emisiones de monóxido de carbono, 33% en hidrocarburos y 50% óxidos de nitrógeno [8]. Y así como la ley 1972, existen otros decretos como el 035 donde se prohíbe la expedición de registros para motos y todo tipo de vehículos que se desenvuelva a través de una tecnología de dos tiempos. Cabe resaltar que aún no ha sido posible el total cumplimiento de estas normas a nivel nacional, es por esto que la normativa establece que para el año 2030 cualquier moto en circulación debe cumplir con las normas anteriormente mencionadas.

En DIAGNOSTIMOTOS se cuenta con cinco estaciones o procesos por donde se llevan a cabo la verificación de las motos que entran al centro, bajo este número de estaciones se recolectaron datos cualitativos y cuantitativos. Inicialmente se hizo una encuesta de satisfacción al personal del área operativa donde se obtuvo que en el puesto de inspector técnico el nivel de estrés térmico alcanza un 80%, siendo esto una cifra considerable para la exposición diaria. Se realizó una toma de datos de estrés térmico por estación, el análisis e interpretación de los datos se efectuó a través del Índice WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), calculado con temperatura húmeda de un 60%, temperatura de globo con 30°C. esta cifra supera los valores límites permisibles establecidos, 28°C, siendo un peligro para la salud humana. De igual manera, estos valores podrían causar efectos que no solo pueden estar relacionados a las condiciones de salud de las personas, el estrés térmico puede

dar lugar a accidentes (atrapamientos, golpes o caídas al mismo o distinto nivel de derivadas de mareos o desvanecimientos, etc.) debido a la pérdida de condiciones de atención de la persona.

Bajo otro punto de vista del cuestionario realizado, se identificó que el 100% del personal considera la estación ambiental como la más contaminante, e indicaron que debido al proceso realizado en esta estación que es la prueba de gases han llegado a aspirar partículas en suspensión, gases y humos, los cuales les han traído como consecuencia ahogo en la mayoría de los casos. Se debe tener en cuenta que el personal si hace uso de elementos de protección personal, tales como, tapa oídos, botas, máscara, guantes, gafas; aun así, no es suficiente para la exposición directa del hombre con los procesos y es ahí donde finalmente se recomiendan tomar medidas de control con el propósito de mejorar las condiciones laborales de los trabajadores expuestos de la empresa, permitiendo eliminar los gases emitidos por motocicletas y la circulación de aire limpio y fresco en las estaciones del centro diagnóstico automotor.

De acuerdo con la ubicación geográfica de Popayán Cauca, las temperaturas alcanzadas en época de verano y los factores contaminantes en el área técnica y operativa del CDA se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe riesgo de estrés térmico que afecte la salud y la seguridad del personal que labora dentro de las instalaciones del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S ubicado en la Ciudad de Popayán Cauca?

## JUSTIFICACIÓN

Considerando el objetivo del proyecto, basado en el estudio del calor y demás factores que causan estrés térmico dentro del centro de revisiones técnico mecánicas de motocicletas DIAGNOSTIMOTOS S.A.S, y considerando la importancia que tienen dentro del sistema de seguridad y salud en el trabajo en Colombia, el cual abarca normas tales como el decreto 1443 de 2014 por la cual se dictan disposiciones para la implementación del SG-SST, La resolución 3077 de 2022, por la cual se adopta el plan nacional de SST y demás normas que están en constante actualización con el fin de mejorar las condiciones y el medio de trabajo, así como la salud de los trabajadores, para lograr el bienestar físico, mental y social en todas las ocupaciones que desempeñan [9]. En la evaluación de riesgos laborales se utiliza el concepto de estrés térmico para hacer referencia a condiciones de trabajo en las que el calor pone en riesgo la salud y la seguridad [10].

La sensación térmica del hombre se relaciona con el estado térmico general de su cuerpo y depende de la actividad física que realice, así como del atuendo que utilice y de las magnitudes ambientales de alta temperatura, alta humedad, calor radiante, etc. [11].

Hoy en día existen muchos tipos de motores, según Motopoliza [12], todo vehículo a motor contamina, aunque existen industrias que se han preocupado más con el medio ambiente y han optado por la creación de medios de transporte sostenibles, pero en caso contrario, las motos de dos tiempos son especialmente contaminantes, muy por encima de automóviles, autobuses o camiones; el problema reside en que, para ofrecer un buen rendimiento en un espacio tan reducido, los motores de las motocicletas se calientan más y por lo tanto emiten más óxidos de nitrógeno entre otros problemas; por otro lado, un tipo de motor, como por ejemplo, una motocicleta de cuatro tiempos con cilindraje mayor a 150 c.c. emite 167 gramos de  $CO_2$  Por Kilómetro recorrido y pasajero transportado (g/km-pasajero) [13].

La cantidad de motos cada día aumenta más, la facilidad de transporte, la economía y otros factores influyen mucho en que una persona obtenga una moto a diferencia de un carro. Según cifras de la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (Andemos) asegura que por cada vehículo que se matriculó en el 2022 salieron a circular 3.1 motos nuevas, como se mencionó anteriormente, esta proliferación se debe a la crisis económica, la falta de buenas vías y de espacio en las ciudades que garanticen una correcta movilidad. Por otro lado, y teniendo en cuenta el nivel tecnológico, se matricularon en Colombia en el año 2022 819.929 motos de combustión y 2.688 eléctricas.

Dado lo anterior cada vehículo que entra en funcionamiento requiere de sus revisiones técnico mecánicas y de gases, que son realizadas en los Centros de Diagnóstico Automotor, es fundamental que este tipo de organizaciones tenga en cuenta la disposición legal que aplica a la inspección técnica vehicular en Colombia, dado que el sector se rige por disposiciones emanadas de tres ministerios, el de transporte, el de ambiente y desarrollo sostenible y el de comercio, industria y turismo, en la práctica con cerca de 100 disposiciones legales las que deben ser observadas por los centros de diagnóstico automotor en el desarrollo de sus actividades [14], las cuales deben ser tomadas en cuenta en este caso por la emisión gases y niveles de temperatura emitidos por las motocicletas, que afectan las variables ambientales aumentando el nivel de estrés térmico dentro de un espacio determinado.

Diariamente, por las instalaciones de DIAGNOSTIMOTOS Popayán se tiene un promedio que oscila entre 20 a 35 personas, propietarias o portadoras de vehículos automotores (motocicletas) que solicitan el servicio de revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes (RTM y EC), se debe tener en cuenta que este número varía mucho dependiendo el mes. La implementación de un sistema de control de estrés térmico en este caso se considera estrictamente fundamental, el flujo de motocicletas genera muchos gases y aumento de temperaturas al realizar las diferentes pruebas de la revisión técnico-mecánicas, las cuales al ser acumuladas

llegaron a ser causantes de molestias al operario al realizar sus actividades. La prueba realizada con el sensor de estrés térmico permitió conocer el nivel de calor que se presencia en un día laboral en el área técnica y operativa dentro de DIAGNOSTIMOTOS, que como consecuencia traería consigo la existencia de un riesgo laboral que afectaría a corto y largo plazo la salud de quien realiza los procesos. Es por esto, que se busca mejorar las condiciones laborales del personal, llevando consigo un estudio para el control de los niveles de estrés térmico, buscando estrategias de ingeniería que permita la disminución de estos niveles de calor, la circulación de los gases presenciados que afectan la disposición laboral de las personas. Es fundamental que cualquier herramienta a implementar esté bajo procesos automatizados por sensores, que se activen con el flujo de motocicletas en las estaciones y que permita a la empresa la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental que constituye la responsabilidad social empresarial y que es importante en toda organización.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el estrés térmico en el área técnica y operativa del CDA DIAGNOSTIMOTOS en la ciudad de POPAYÁN CAUCA.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico del área técnica y operativa del CDA DIAGNOSTIMOTOS para determinar los valores de las variables ambientales y los diferentes indicadores que causan estrés térmico, afectan la salud y el confort laboral.
- Determinar la incidencia de las altas temperaturas en la salud del personal del área técnica y operativa con el fin de mitigar el estrés por calor térmico.
- Proponer métodos de ventilación y/o extracción como estrategias de mejora para disminuir el riesgo de estrés térmico.

## **ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO**

El presente documento está organizado bajo la secuencia de capítulos; inicialmente en el capítulo I se resume la metodología de la investigación y se describe los antecedentes bajo los cuales se realizó la investigación, se analizarán trabajos previamente realizados sobre estrés térmico y la incidencia en la vida laboral para con esto conocer los puntos de vista de diferentes autores, sus metodologías y también los resultados, también se describe todo marco teórico, referencial y legal que contribuya con el conocimiento necesario para la investigación en curso; bajo el capítulo II se dará a conocer el diagnóstico inicial de la empresa, procesos, maquinaria y metodología de medición de estrés térmico dentro del CDA DIAGNOSTIMOTOS, en este se conocerán los aspectos bajo los cuales se realizará el estudio y a los cuales se le aplicarán herramientas de ingeniería con métodos que sirvan para la determinación del índice de calor térmico dentro de las instalaciones. Seguidamente con el capítulo III se podrá evidenciar el desarrollo o ejecución del trabajo realizado, conociendo la metodología, pruebas, toma de datos, determinación de la incidencia que llevan las altas temperaturas en la salud del personal que labora dentro del CDA para con esto llegar al capítulo IV donde se demostrarán los resultados alcanzados y discusión de los mismos, aquí se dará a conocer el impacto del calor y el alcance que tiene en el cumplimiento de las normas ambientales y ergonómicas dentro del estándar de calor y estrés térmico y con esto se establecerán las propuestas de mejora como controles de ingeniería para disminuir el riesgo de estrés térmico laboral. Por último, finaliza con conclusiones y recomendaciones como pasos a seguir en la ejecución del proyecto.

## CAPÍTULO I

### MARCO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo del proyecto parte de la importancia que tiene la higiene industrial y la salud ocupacional en el ámbito laboral; estas dos disciplinas permiten que con su conocimiento se anticipe a la identificación, evaluación y control de riesgos que se originan en el lugar de trabajo y que pueden ser causantes de la aparición de enfermedades profesionales.

Para obtener más conocimientos acerca de la salud ocupacional en el trabajo se realizó un marco de antecedentes referenciales, que ayudaron con el desarrollo del proyecto. A continuación, se describen algunas de las investigaciones y estudios que se han realizado a nivel internacional y nacional acerca del control de estrés térmico en áreas de producción.

#### 1. A NIVEL INTERNACIONAL

- **Estudio del estrés térmico y su efecto en la salud de los trabajadores en el área de producción de una industria alimenticia 2021.**

Esta investigación fue realizada en Guayaquil- Ecuador, se fundamentó en determinar el grado de estrés térmico con secuelas en la salud de los trabajadores en el área de producción de una industria alimentaria, para lograr este objetivo se realizó un estudio con metodología de campo descriptiva, transversal con enfoque cuali-cuantitativo, en donde la población objeto de estudio estaba constituida por 25 trabajadores del área operativa. Para lograr la finalidad de los objetivos propuestos, se realizaron encuestas a los trabajadores mediante cuestionario de datos personales y laborales y las mediciones ambientales se hicieron bajo la aplicación del índice de termómetro de globo bulbo húmedo (TGBH) y el índice de sobrecarga térmica (IST). Los procedimientos de las mediciones de estrés térmico se realizaron bajo el cumplimiento de la norma ISO 7243:1989 ambientes calurosos-estimación

de estrés térmico del individuo, esta técnica aportó para la investigación el procedimiento de medición, el cual se tuvo en cuenta para la determinación del nivel de calor dentro del presente estudio de control de estrés térmico en el área técnica y operativa del CDA DIAGNOSTIMOTOS.

Por otro lado, el resultado de la investigación en la industria alimenticia concluyó que el área de producción estaba conformada por 8 procesos, de los cuales únicamente el primero cumplía con los valores de calor establecidos en la norma ISO 7243-1989 y en los demás procesos el nivel de exposición al calor sobrepasaba los valores permitidos, generando peligro en la salud del recurso humano de la industria. Como conclusión el objetivo del proyecto recomienda generar una herramienta de gestión de seguridad laboral que permita controlar los niveles de exposición al calor en el área de producción con el fin de reducir las afectaciones a la salud de los trabajadores [15].

- **Estrés térmico y desempeño laboral en los colaboradores de la gerencia de logística y seguridad en la caja municipal de ahorro y crédito cusco 2019.**

El objetivo de la investigación se basó en analizar si existía o no relación entre el estrés térmico y desempeño laboral en los colaboradores del área de logística y seguridad en la caja municipal de ahorro y crédito cusco 2019. Los autores realizaron un enfoque de investigación cuantitativo de alcance correlacional, haciendo uso de la estadística para sus resultados [16].

De aquí se logró recopilar información y hacer uso del tipo de investigación realizada, que como se mencionó anteriormente fue cuantitativa, la cual fue usada con el fin de estimar la magnitud y distribución de calor dentro de las instalaciones del CDA, a la cual se le añadió la investigación cualitativa en búsqueda de información de las sensaciones del personal para que siguiente a esto fuera posible buscarles solución a los problemas de estrés térmico.

## **2. A NIVEL NACIONAL**

- **Evaluación de estrés térmico en una empresa productora de alimentos en Córdoba-Colombia.**

Este estudio se realizó en una empresa de la zona rural al norte de Colombia. El objetivo de la investigación empírica fue evaluar las condiciones de estrés térmico, dando uso a dos herramientas de evaluación de estrés térmico: método cualitativo (EVALTER-OBS) y cuantitativo (WBGTH) de tipo exploratorio. El primer método consistió en desarrollar un proceso de observación y entrevista a los 12 operarios que laboraban en el área de producción en los distintos turnos y que estaban distribuidos en cuatro puestos de trabajo: operario de desgerminación, operario de laminación, operario de medición y operario de oficios varios; es desde estas áreas donde se identificaron, zonas de exposición a altas temperaturas, fuentes potenciales de calor y controles existentes, todo con el fin de verificar las condiciones físicas laborales de los puestos de trabajo analizados; el segundo método cuantitativo hace referencia a la forma más común de evaluar una situación calurosa bajo el índice WBGT que por sus índices de medición se puede determinar situaciones de disconfort o de riesgo de estrés térmico.

Como resultado de la evaluación realizada se encontraron resultados desfavorables que debían mitigarse antes de que fueran irreversibles, y las estrategias de mejoramiento fueron: aislar las superficies calientes (maquinaria de laminación, tuberías calientes), instalación de sistemas de extracción localizada del aire caliente mediante la interposición de barreras que reducirían la radiación térmica y mejoran la ventilación del área [17].

De esta investigación se estimaron como fundamentales las estrategias de mejoramiento, donde se conocieron métodos como la instalación de sistemas de extracción localizada y para la determinación del problema se realizó de igual manera proceso de observación y la entrevista a los operarios en sus áreas de trabajo.

- **Control de estrés térmico en el área de producción, en una empresa del sector de plásticos**

El objetivo de esta investigación fue desarrollar métodos de control de estrés térmico en el área de producción de soplado de la empresa Prodeplasticos S.A.S., determinando las variables críticas generadoras de estrés térmico en la planta e implementando los mecanismos de control en la fuente para disminuir los efectos negativos que inciden en el ambiente laboral y en los resultados de productividad de la compañía. Para el desarrollo del estudio de este proyecto se realizaron mediciones de variables ambientales: temperatura del aire ( $t_a$ ), temperatura de globo ( $t_g$ ), temperatura húmeda natural ( $t_{nw}$ ), velocidad del aire ( $V_a$ ), esto haciendo uso del medidor de estrés térmico (QuesTemp 36). Los resultados de la investigación determinaron que si existía un ambiente laboral caluroso que llevaba a una situación de exposición de los operarios siendo esto nocivo para la salud. Y se propusieron mejoras a las fuentes que generan calor (resistencias de calentamiento) y con esto lograr el objetivo de tener una fuerza laboral íntegramente sana, un mejor ambiente de trabajo, una mejor motivación, un mejor rendimiento y mejores niveles de productividad entre otros beneficios [18].

Acerca de la investigación se propuso como objetivo la determinación de variables críticas generadoras de estrés térmico que fueron considerablemente importantes para evaluar el impacto del nivel de afectación dentro del CDA DIAGNOSTIMOTOS.

### **3. A NIVEL REGIONAL**

- **Diseño y construcción de prototipo de chimenea solar para vivienda de interés social en el Valle del Cauca.**

Con el fin de disminuir la temperatura y aumentar la velocidad del viento al interior de las viviendas de interés social (VIS), ejecutaron este proyecto de diseño, construcción y prueba de un prototipo de chimenea solar de bajo costo que pudiera ser planteado como estrategia de mejoramiento a las viviendas de interés social,

dado que las constructoras al momento de diseñar las viviendas se enfocan en disminuir costos en los materiales y no en el bienestar de las personas que habitaran dentro de las mismas.

Como resultado del prototipo se comprobó que la chimenea solar ayudaba a aumentar el confort térmico de la vivienda de interés social, dado que aumentaba la velocidad de viento al interior de la vivienda y no fue necesario radiaciones solares muy altas para que la chimenea solar funcionara. Por lo tanto, las chimeneas solares son sistemas de enfriamiento pasivos de bajo costo, que se fabrican con materiales comerciales que se obtienen fácilmente dentro del mercado colombiano. Además, es un sistema no contaminante hacia el medio ambiente, dado que no utiliza combustibles fósiles para su funcionamiento, su fuente de energía es la radiación solar, la cual es inagotable [19].

Al igual que este proyecto de interés social en el Valle del Cauca, se dirigió la investigación a la implementación de chimeneas solares como sistemas de enfriamiento de bajo costo el cual es no contaminante debido a que su fuente de energía es la radiación solar y que se puede elaborar con materiales comerciales en Colombia, esta opción se estableció como estrategia de mejora y dentro del presente documento se encontrará mayor información acerca de la misma.

## MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

Según la Organización Mundial de la salud (OMS) [20], la salud ocupacional es clasificada como una actividad multidisciplinaria que tiene como principal objetivo generar y promover ambientes de trabajo sanos y seguros; a su vez relaciona el medio ambiente con la adaptación de las condiciones tanto físicas, mentales y sociales de los trabajadores en todas las ocupaciones.

Día a día esta disciplina ha ganado más terreno en el campo laboral, dado que, según cifras de la ILOSTAT en el mercado laboral la tasa global de participación de la población activa es del 61% [21], y el trabajador promedio pasa alrededor de dos tercios de su vida en el trabajo. El trabajo no es solo una fuente de ingresos, sino también un elemento fundamental de salud, estatus, relaciones sociales y oportunidades de vida; la importancia de la salud en el trabajo se debe a que esta funciona como estrategia que asegura la salud de los trabajadores, así como también fortalece las economías nacionales a través de una mejor productividad, motivación y calidad de los productos y servicios.

Es importante resaltar las principales causas más comunes vinculadas a riesgos ocupacionales, que debido a la exposición de los trabajadores en muchas partes del mundo a condiciones y entornos inseguros e insalubres se han convertido en los tres problemas laborales con mayor presencia en los trabajadores; inicialmente está el dolor de espalda con un 37%, pérdida de la audición 16% y por último la enfermedad obstructiva crónica con un 13%. La última causa es el objeto de estudio del presente proyecto, esta hace referencia al conjunto de enfermedades pulmonares que obstruyen la circulación de aire y dificultan la respiración y en el caso del CDA DIAGNOSTIMOTOS, los pulmones se ven afectados por la inhalación de gases, aires, humo y demás partículas tóxicas que por la falta de aire y el incremento del calor dentro de las instalaciones podrían a largo plazo generar distintas problemáticas para el cuerpo, generando una enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Para entender el contexto de esta tesis se recopiló información que abarca toda la investigación en sus términos principales, iniciando desde lo más básico:

## 1. Salud

Es necesario aclarar que existe un gran número de definiciones acerca del término salud, pero en el preámbulo de la Constitución de la Organización Mundial de la Salud OMS [1] se define la salud como: “un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”.

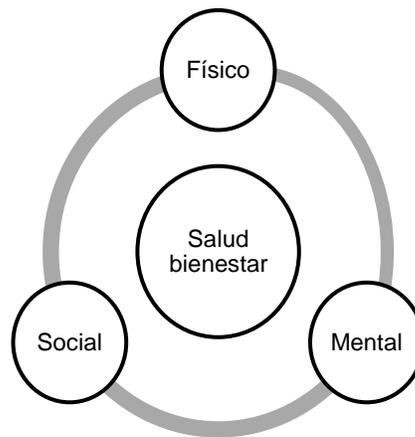


Fig. 1. Concepto de Salud OMS. [1]

Las anteriores variables que integran el concepto de salud definido por la OMS se definen a continuación:

| Salud Física   | Salud mental  | Salud social  |
|--|---|---|
| Hace referencia que a nivel orgánico o fisiológico el cuerpo humano funciona de manera óptima. | Estado de bienestar que le permite a un individuo a partir de sus capacidades, afrontar de forma adecuada las tensiones de la vida y conseguir sus metas. | Hace referencia a la capacidad de interacción de un individuo con otras personas. |

Fig. 2. Variables del concepto salud OMS. [22]

## 2. Factores de riesgo

En la búsqueda de la salud y el bienestar de los trabajadores dentro de una empresa u organización se deben estudiar las condiciones ambientales laborales que actúan como factores de riesgo al momento en que un trabajador realiza sus actividades.

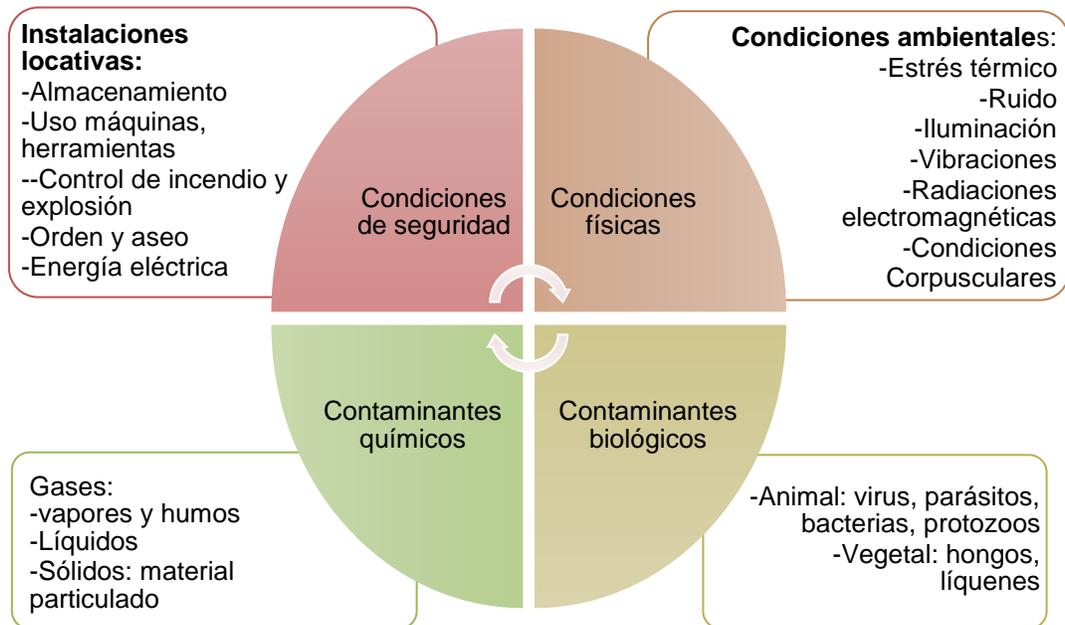


Fig. 3. Medio ambiente de trabajo. [22].

Los anteriores factores pueden actuar de manera positiva o de manera negativa y pueden influir en la salud del trabajador, privilegiándola o deteriorándola. Los riesgos que estos factores puede provocar están clasificados de la siguiente manera:

- Riesgo físico
- Riesgo químico
- Riesgo biológico
- Riesgo ergonómico

Es necesario aclarar que los riesgos laborales deterioran progresivamente la salud del trabajador y son a causa de las actividades o el entorno donde desarrollan sus labores.

Este proyecto se estudiará el riesgo por agentes físicos, dado que es un factor de tipo ambiental que puede provocar efectos nocivos para la salud del trabajador dependiendo de la intensidad, la concentración, y el tiempo de exposición, y se clasifican de la siguiente manera:

- Riesgo por estrés térmico
- Riesgo por ruido
- Riesgo por iluminación
- Riesgo por vibraciones
- Riesgo por radiación

Para el desarrollo de los objetivos planteados en el proyecto únicamente se hará énfasis en el riesgo por estrés térmico, debido a que se está teniendo como contaminante la energía térmica:

TABLA I

Energía térmica y sus efectos sobre la salud

| Contaminante   | Efecto sobre la salud   |
|--|---|
| <b>Energía térmica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Calor</li> <li>● Frío</li> <li>● Calor/frío</li> <li>● Humedad</li> <li>● Ventilación</li> </ul> | <b>Calor:</b> Discomfort térmico, eritema vesiculoso y eritematoso, calambres por diaforesis excesiva, astenia, aumento de la morbilidad por enfermedades cardiovasculares, golpe de calor y muerte.<br><b>Frío:</b> Alteraciones vasculares como síndrome de Raynaud y acrocianosis. |

Nota: contaminantes de la energía térmica y sus efectos sobre la salud. [23].

### 3. Riesgo por estrés térmico

La presencia de calor en el ambiente laboral en muchas ocasiones son la principal fuente de problemas que se traducen en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo y, en ocasiones, riesgos para la salud.

Realizar un estudio del ambiente térmico de un lugar requiere de conocer una cadena de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo. El riesgo de estrés térmico que puede sufrir una persona expuesta a un ambiente caluroso depende de cada una de las características que lo rodean y de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física, si se está hablando de un ambiente laboral, esta sería la consecuencia del trabajo realizado dentro de su jornada de trabajo. Para que existan situaciones de inconfort laboral y presencia de riesgo laboral, en la mayoría de los casos se está condicionado a la existencia de tres factores: inicialmente la radiación térmica (superficies calientes), humedad (>60%) y trabajos que impliquen cierto esfuerzo físico.

#### **4. Factores individuales de riesgo**

El riesgo por estrés térmico está sujeto a factores personales que reducen la tolerancia individual al estrés térmico, dentro de estos se encuentra la edad, obesidad, hidratación, aclimatación y género; En la Fig. 4 se presenta un resumen detallado de cada uno de los factores mencionados:

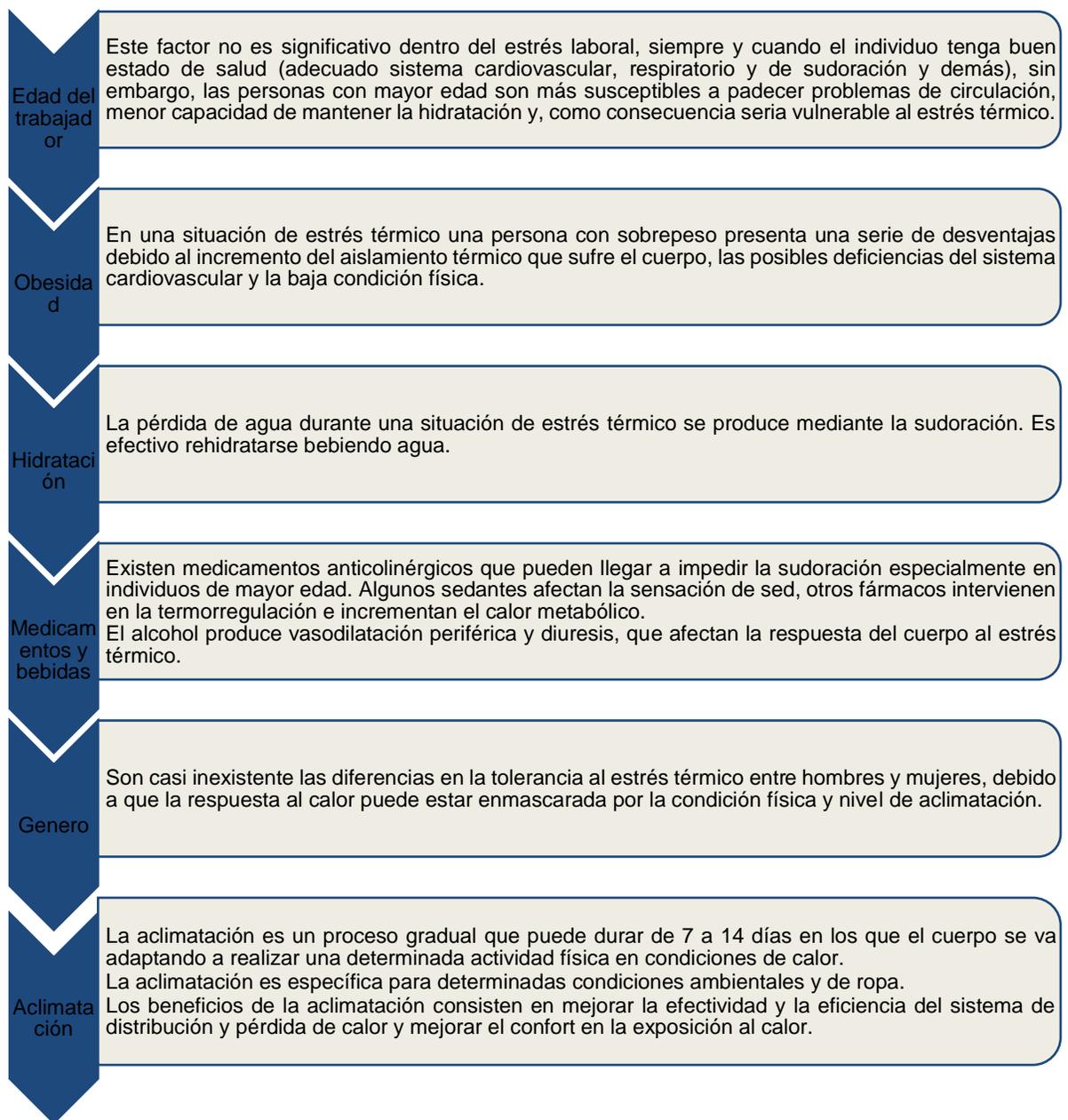


Fig. 4. Factores individuales de riesgo por estrés térmico. [24]

## 5. Efectos sobre la salud de la exposición al calor

A continuación, se mencionan algunos efectos posibles de la exposición al calor, se debe tener en cuenta que el incremento del nivel de estrés térmico como un factor que, junto con otros puede dar lugar a accidentes (atrapamientos, golpes o caídas al mismo o distinto nivel derivadas de mareos o desvanecimientos, etc.).

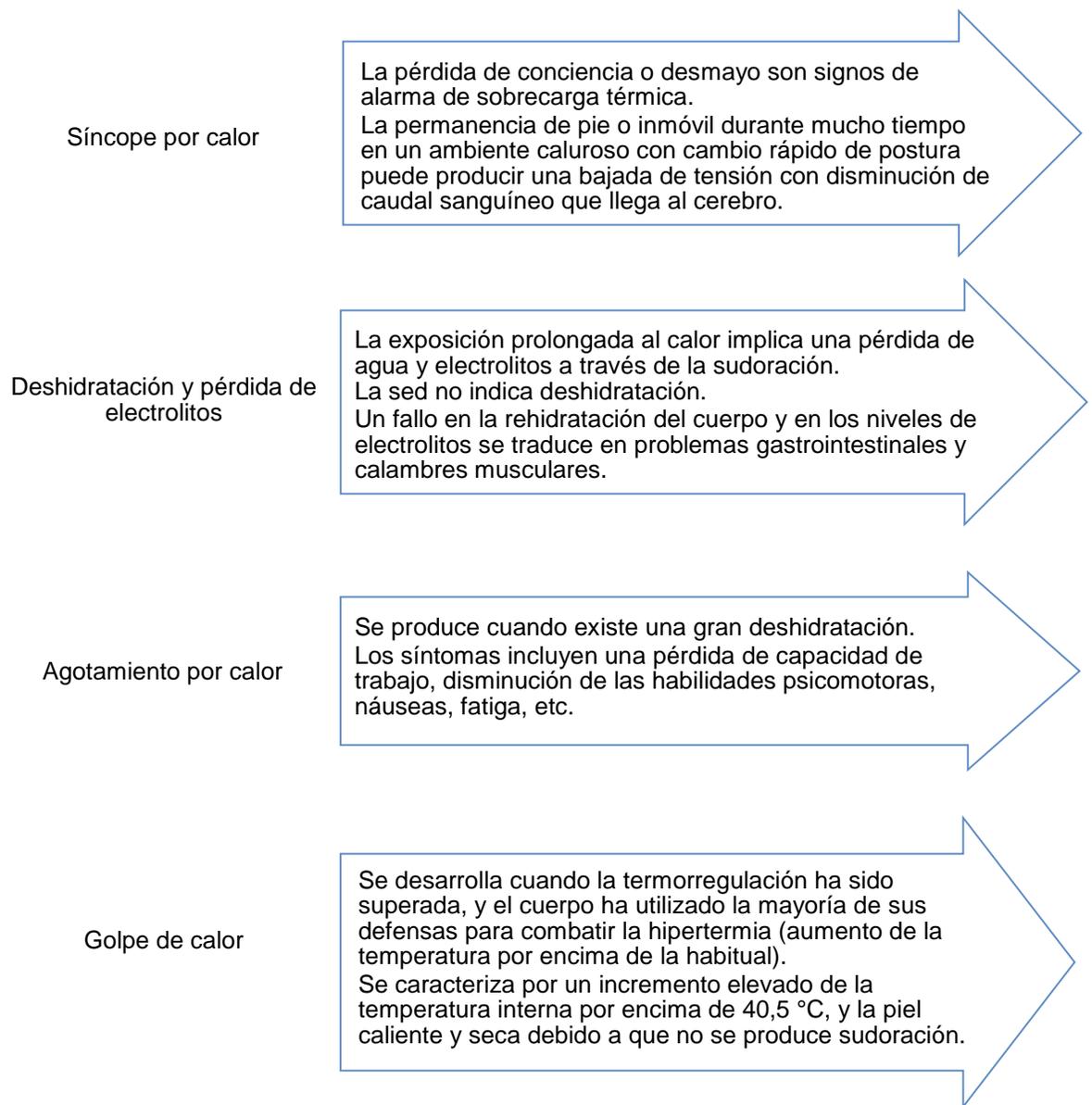


Fig. 5. Resumen de los efectos del riesgo térmico. [24]

## 6. Factores de las condiciones ambientales

Los factores de las condiciones ambientales son parámetros que definen el medio térmico que rodea al trabajador, como, por ejemplo: la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la radiación, la actividad metabólica, el tipo de ropa y los parámetros asociados al propio recinto donde se desarrollan las labores [24], [18].

En la investigación realizada por Gómez y Ruiz [18] mencionaron que, para lo anterior existen metodologías e índices que permiten determinar y establecer una relación cuantitativa (medir) de la cantidad de calor (estrés térmico) que el individuo capta en ese instante de tiempo con relación a una condición ambiental límite o ambientes calurosos.

Por otro lado, las mediciones de estrés térmico determinan la base de la evaluación del ambiente térmico laboral, pero no anuncian puntualmente si las circunstancias bajo las que está trabajando una persona no suponen un riesgo para su salud [24].

Existen diversos métodos para valorar el ambiente térmico en sus diferentes grados de agresividad, en el presente documento se mencionan los índices más relevantes para conocer el grado de estrés térmico dentro de un establecimiento.

### **7. Índices de confort térmico**

La evaluación del confort en ambientes térmicos moderados se rige por la norma internacional ISO 7730:2006 denominada “Ergonomía del ambiente térmico” [25], [26], cuyos parámetros complementan la estimación del índice de sensación térmica general con el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local. Esta norma presenta métodos para la predicción de la sensación térmica general y del nivel de incomodidad (insatisfacción térmica) que sufren las personas expuestas a ambientes térmicos moderados.

Por otro lado, tal como aduce Roque *et al* [4], la normativa vigente para la evaluación del estrés térmico se expresa por la norma NC 869:2011 titulada Ambientes térmicos calurosos “estimación del estrés térmico en el trabajo basado en el índice WBGT (temperatura de globo y bulbo húmedo)”.

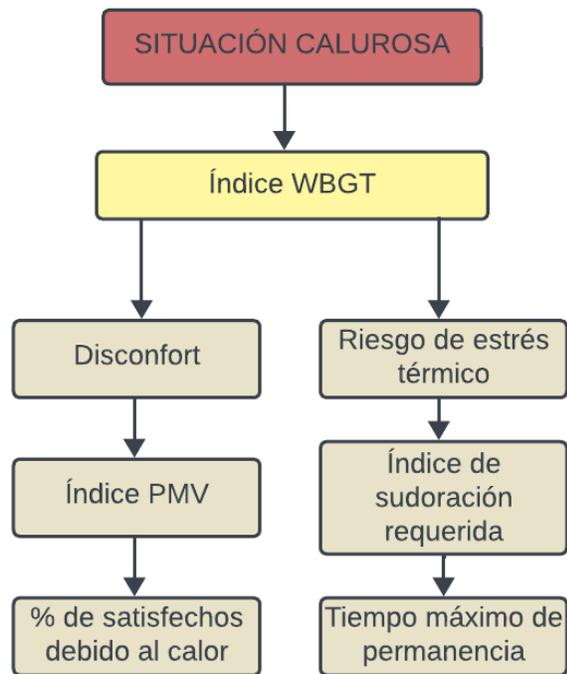


Fig. 6. Índices de valoración de ambiente térmico. [27]

### 8. Índice PMV (Predicted Mean Vote)

Denominado en español voto medio estimado y se toma los datos a través del valor medio de votos emitidos por un grupo de personas respecto a una escala de sensación térmica de 7 niveles [28]:

TABLA II

Niveles de calificación del índice PMV

| Nivel                | Valor |
|----------------------|-------|
| Muy caluroso         | +3    |
| Caluroso             | +2    |
| Ligeramente caluroso | +1    |
| Neutro               | 0     |
| Ligeramente fresco   | -1    |
| Fresco               | -2    |
| frío                 | -3    |

Nota: calificaciones estimadas para los niveles de sensación térmica bajo el índice PMV. [28].

## 9. Índice WBGT (Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo)

El índice **WBGT** es el factor que relaciona las variables meteorológicas o parámetros ambientales (la temperatura de globo **TG** y la temperatura húmeda natural **THN**), A veces se emplea también la temperatura seca del aire o temperatura ambiente **TA**, con el estrés térmico que padecen las personas en relación de la actividad que hacen [27].

Generalmente los índices de valoración de ambiente térmico se miden bajo el índice WBGT. Este índice se utiliza para discriminar rápidamente si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico.

Esta metodología se puede aplicar para espacios interiores y exteriores, es decir en espacios donde no hay radiación del sol (espacios interiores de las edificaciones) y espacios al aire libre donde los rayos del sol llegan directamente en contacto con la piel [18]. Para lo anterior se hace uso de las siguientes fórmulas matemáticas:

TABLA III  
Fórmulas del índice WBGT

| Sin exposición solar                       | Con exposición solar                                   |
|--|--|
| $WBGT = 0,7 * T_h + 0,3 * T_g (^{\circ}C)$ | $WBGT = 0,7 * T_h + 0,2 * T_g + 0,1 * T_a (^{\circ}C)$ |

Nota: fórmulas generales para el cálculo del índice WBGT. [18].

En donde:

1. Th: temperatura húmeda (°C)
2. Tg: temperatura de globo (°C)
3. Ta: temperatura seca del aire (°C)

- **Temperatura húmeda °C (Th):**

Es la variable que indica la temperatura que evalúa la velocidad aproximada a la que el trabajador está perdiendo agua a causa de exposición al calor [18].

- **Temperatura globo °C (Tg):**

Es la temperatura a la que se encuentra sometido el trabajador a causa de la radiación (método de transmisión de calor) de una fuente de calor cercana al área donde realiza sus actividades. Es decir, esta variable determina la temperatura proveniente de la radiación en el sitio de evaluación [18].

- **Temperatura de bulbo seco o de referencia °C (Ta):**

Esta temperatura es la misma temperatura del aire húmedo y con frecuencia se la denomina solo temperatura del aire, que puede ser marcada por un termómetro común [18].

### **10. Consumo metabólico**

El ser humano es capaz de transformar por medio de un proceso biológico la energía química que adquiere con los alimentos en energía mecánica, energía que es necesaria y utilizada en dos formas: la primera para realizar sus actividades y la segunda en forma de calor. La determinación del calor metabólico se obtiene mediante la observación de las actividades realizadas durante el ciclo completo de las operaciones al desempeñar el trabajo. Para esto es necesario conocer los siguientes factores [29]:

- **Metabolismo basal:** depende de la talla, el peso y el sexo y es proporcional a la superficie corporal, es el consumo mínimo de energía necesario para mantener en funcionamiento los órganos del cuerpo.
- **Metabolismo extraprofesional o de ocio:** es el debido a otras actividades habituales, como puede ser el aseo, vestirse, etc. Y que como media se estima un consumo de unas 600 Kcal/día para el hombre y de 500 Kcal/día para la mujer.
- **Metabolismo de trabajo:** se calcula teniendo en cuenta la carga estática, carga dinámica, desplazamiento, esfuerzos musculares y Manutención de cargas.

### 11. Índice de sobrecarga calórica (ISC):

Este índice sirve para determinar el grado de tensión calórica al que está expuesta una persona y fue creado por Belding y Hatch en 1955.

Este índice tiene como objetivo calcular la magnitud de los intercambios térmicos entre la persona y el ambiente por medio de los mecanismos fundamentales de intercambio térmico: convección, radiación y evaporación, además de la producción de calor generada por el metabolismo [2].

Este índice está representado por la siguiente ecuación matemática:

$$ISC = \left( \frac{\text{Evaporación Requerida } (E_{req})}{\text{Evaporación Máxima } (E_{max})} \right) \times 100$$

En donde:

$E_{req}$ : Cantidad de calor que debe disipar el cuerpo, mediante la evaporación del sudor, a fin de mantener el equilibrio térmico.

$E_{max}$ : Representa la pérdida máxima de calor que puede lograrse en las circunstancias.

### 12. Evaluación del riesgo

Los valores referenciales sobre las condiciones termohigrométricas para la instauración de unas buenas condiciones de trabajo vienen siendo regulados desde 1997 bajo por el Decreto 486/1997, en el cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo que en su anexo III punto 3.3 especifica:

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse, las siguientes condiciones:

- a) Para los locales donde se realicen trabajos sedentarios la temperatura deberá estar comprendida entre 17 y 27° Centígrados.
- b) En los locales donde se realicen trabajos ligeros la temperatura deberá estar comprendida entre 14 y 25° Centígrados.

- c) La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y 70% excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.
- d) Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma continua a corrientes de aire cuya velocidad exceda de los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

Nota: los límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor [30].

La metodología del índice WBGT permite de manera rápida realizar una valoración de existencia o no de una situación de riesgo de estrés térmico y si es admisible o no, en la Fig. 7, se observa un esquema de pasos a seguir para poder confirmar y valorar este tipo de riesgo.

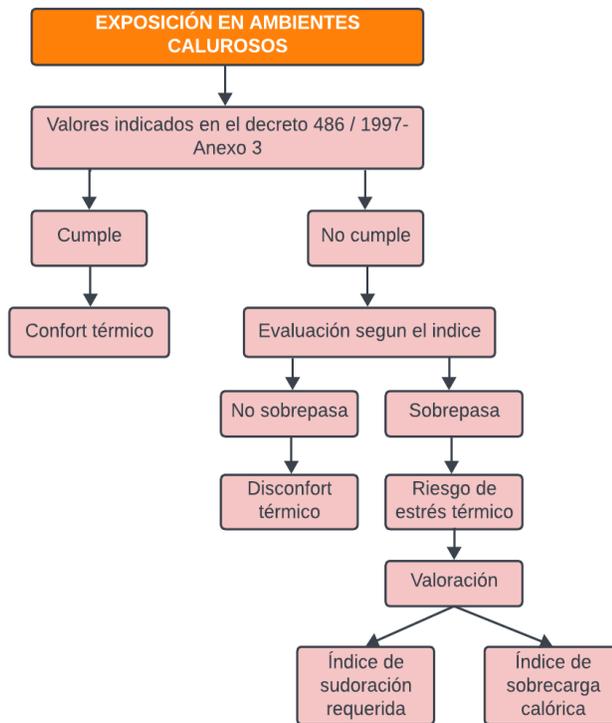


Fig. 7. Esquema de valoración en ambientes térmicos. [31]

## 13. Instrumentos de medición

### 13.1. Instrumento de medición de estrés térmico

Actualmente existen instrumentos de medición de estrés térmico que detectan la temperatura y la clasifican en relación con la humedad, que se denomina WBGT. Los medidores de estrés térmico se emplean fundamentalmente para evaluar los puestos de trabajo.



Fig. 8. Medidor de estrés térmico Extech HT30. [32]

El medidor de temperatura de globo para bulbo húmedo Extech HT30 permite medir el índice de estrés térmico o que tan caliente se siente cuando la humedad se combina con la temperatura, el movimiento del aire y el calor radiante. De igual manera, el medidor también puede realizar mediciones individuales de temperatura, humedad y calor radiante, así como monitorear los efectos de la radiación solar directa en una superficie expuesta utilizando el sensor de temperatura de globo negro [32].

### 13.2. Ubicación del equipo

Esta variable es determinada de acuerdo con la homogeneidad de la temperatura en los alrededores del puesto de trabajo a distintas alturas (desde nivel de piso), tomando tres lecturas de preferencia en forma simultánea [33]:

- a) Lectura 1: 170 centímetros.
- b) Lectura 2: 110 centímetros.
- c) Lectura 3: 10 centímetros.

#### 14. Metodología de medición de consumo metabólico

De acuerdo con la **ISO 8996:2004**: Ergonomía del ambiente térmico, determinación de la tasa metabólica [33], para la determinación del gasto energético se hace uso de tablas de medición de consumo metabólico a partir de componentes de la actividad, este método dispone, por separado, de información sobre sobre posturas, desplazamientos, consumo energético en reposo, etc., al sumar todas estas variables se obtiene el consumo metabólico total de la actividad realizada, a continuación, se muestran los términos a sumar.

- **Componente postural:** Es el consumo de energía que tiene una persona en función de la postura que mantiene al ejercer un trabajo.

TABLA IV

Calificaciones del metabolismo para la postura corporal

| Posición del cuerpo | Metabolismo ( $W/m^2$ ) |
|---------------------|-------------------------|
| Sentado             | 10                      |
| Arrodillado         | 20                      |
| Agachado            | 20                      |
| De pie              | 25                      |
| De pie inclinado    | 30                      |

Nota: datos para la calificación de acuerdo con las posturas. [29].

- **Metabolismo basal:** Es el consumo de energía de una persona acostada y en reposo, representa el gasto energético necesario para mantener las funciones vegetativas (respiración, circulación, etc.).

TABLA V

Calificaciones del metabolismo basal en función de la edad y sexo

| HOMBRES |                        | MUJERES |                        |
|---------|------------------------|---------|------------------------|
| Años    | Wattios/m <sup>2</sup> | Años    | Wattios/m <sup>2</sup> |
| 18      | 50,170                 | 18-19   | 42,618                 |
| 18,5    | 49,532                 | 20-24   | 41,969                 |
| 19      | 49,091                 | 25-44   | 41,412                 |
| 19,5    | 48,720                 | 45-49   | 40,530                 |
| 20-21   | 48,059                 | 50-54   | 39,394                 |
| 22-23   | 47,351                 | 55-59   | 38,489                 |
| 24-27   | 46,678                 | 60-64   | 37,828                 |
| 28-29   | 46,180                 | 65-69   | 37,468                 |
| 30-34   | 45,634                 |         |                        |
| 35-39   | 44,869                 |         |                        |
| 40-44   | 44,080                 |         |                        |
| 45-49   | 43,349                 |         |                        |
| 50-54   | 42,607                 |         |                        |
| 55-59   | 41,876                 |         |                        |
| 60-64   | 41,157                 |         |                        |
| 65-69   | 40,368                 |         |                        |

Nota: datos para calificar por edades el metabolismo basal. [32]..

- **Componente del tipo de trabajo:** Es el gasto energético que se produce en función del tipo de trabajo (manual, con brazo, con tronco, etc.) y de la intensidad de este (ligero, moderado, pesado, etc.).

TABLA VI

Valores para el metabolismo al realizar distintos tipos de actividades

| Tipo de trabajo       | Metabolismo Watos/m <sup>2</sup> |           |
|-----------------------|----------------------------------|-----------|
|                       | Valor medio                      | Intervalo |
| Trabajo con las manos |                                  |           |
| • Ligero              | 15                               | <20       |
| • Medio               | 30                               | 20 – 35   |
| • Intenso             | 40                               | >35       |
| Trabajo con un brazo  |                                  |           |
| • Ligero              | 35                               | <45       |
| • Medio               | 55                               | 45 – 65   |
| • Intenso             | 75                               | >65       |
| Trabajo con 2 brazos  |                                  |           |
| • Ligero              | 65                               | <75       |
| • Medio               | 85                               | 75-95     |
| • Intenso             | 105                              | >95       |
| Trabajo con el tronco |                                  |           |
| • Ligero              | 125                              | <155      |
| • Medio               | 190                              | 155-230   |
| • Intenso             | 280                              | 230-330   |
| • Muy intenso         | 390                              | >330      |

Nota: calificación para cada tipo de trabajo. [29]

- **Componente de desplazamiento:** Se refiere al consumo de energía que supone el hecho de desplazarse, horizontal o verticalmente a una determinada velocidad.

TABLA VII

Valores del metabolismo con desplazamiento en función a la velocidad de este.

| Tipo de trabajo  | Metabolismo<br>$\left(\frac{W}{m^2}\right)/\left(\frac{m}{s}\right)$ |
|--|--|
| Velocidad de desplazamiento en función a la distancia <ul style="list-style-type: none"> <li>• Andar 2 a 5 Km/h</li> </ul>                                       | 110  |
| Andar en subida, 2 a 5 Km/h <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclinación 5°</li> <li>• Inclinación 10°</li> </ul>  | 210<br>360   |
| Andar en bajada, 5 km/h <ul style="list-style-type: none"> <li>• Declinación 5°</li> <li>• Declinación 10°</li> </ul>  | 60<br>50   |
| Andar con una carga en la espalda, 4 Km/h <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga de 10 kg</li> <li>• Carga de 30 kg</li> <li>• Carga de 50 kg</li> </ul> | 125<br>185<br>285  |
| Velocidad de desplazamiento en función de la altura <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subir una escalera</li> <li>• Bajar una escalera</li> </ul>         | 1725<br>480  |
| Subir una escalera de mano inclinada <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin carga</li> <li>• Con carga de 10 kg</li> <li>• Con carga de 50 kg</li> </ul>   | 1660<br>1870<br>3320   |
| Subir una escalera de mano vertical <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin carga</li> <li>• Con carga de 10 kg</li> <li>• Con carga de 50 kg</li> </ul>    | 2030<br>2335<br>4750   |

Nota: se califica el metabolismo de acuerdo con la velocidad y el tipo de trabajo.

[29].

## 15. Límites permitidos de temperatura en las empresas en Colombia.

### Temperatura ambiente:

- de acuerdo con la Agencia Laboral ADL [34], la ley en Colombia establece que el máximo de temperatura en los ambientes laborales no debe sobrepasar los 27 °C, y cuando esta temperatura se incrementa a niveles peligrosos se considera un riesgo laboral.
- **% de humedad:** la humedad relativa estará comprendida entre el 30 y 70% como norma general, a excepción de los lugares en los que exista riesgo por electricidad estática, en donde el límite inferior será del 50% [35].
- **Índice WBGT:** existen valores límites de referencia para el índice WBGT de acuerdo con la norma ISO 7243 que se relacionan con el consumo metabólico de la persona, en la siguiente tabla se muestran los valores límites permitidos:

TABLA VIII

Valores límites de referencia del índice WBGT según ISO 7243

| Consumo metabólico (kcal/h) | WBGT límite (°C)   |                    |                       |                    |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                             | Persona aclimatada |                    | Persona no aclimatada |                    |
|                             | Velocidad aire = 0 | Velocidad aire ≠ 0 | Velocidad aire = 0    | Velocidad aire ≠ 0 |
| ≤ 100                       | 33                 | 33                 | 32                    | 32                 |
| 100 – 200                   | 30                 | 30                 | 29                    | 29                 |
| 200 – 310                   | 28                 | 28                 | 26                    | 26                 |
| 310 – 400                   | 25                 | 26                 | 22                    | 23                 |
| >400                        | 23                 | 25                 | 18                    | 20                 |

Nota: para calcular el valor índice es necesario calcular el consumo metabólico bajo la norma ISO 8996. [36].

## 16. Efectos para la salud de los operarios expuestos a estrés térmico.

Es necesario comprender que el estrés térmico es un riesgo que no tiene un efecto patológico en concreto debido a la exposición del calor. Los seres humanos cuentan con condiciones fisiológicas específicas y determinadas, una de ellas es la homeotermia, que significa que el cuerpo humano tiene sangre caliente ( $T=37^{\circ}\text{C}$ )

pero sin embargo la acumulación de calor en exceso en el cuerpo puede producir diversas causas patológicas.

se debe resaltar que cuando se trabaja en condiciones térmicas extremas o en lugares calurosos que generan estrés térmico por calor durante un prolongado tiempo de exposición, los individuos sentirán incomodidad, apatía, disminución de la concentración debido a las condiciones ambientales y esto provoca mayor posibilidad de accidentes laborales.

A continuación, se mencionan algunos factores que aumentan los efectos de estrés térmico por calor en el ambiente laboral:

- **Tiempo de exposición (duración de trabajo):** si el tiempo de trabajo es largo, a pesar de que el estrés térmico no sea muy elevado, una persona podría acumular una cantidad de calor peligrosa para su salud.
- **Factores personales:** Falta de aclimatación al calor, obesidad, edad, estado de salud, toma de medicamentos, mala forma física, falta de descanso, consumo de alcohol, drogas y exceso de cafeína.
- **Falta de aclimatación al calor:** los trabajadores que no tienen la debida temperatura de aclimatación pueden sufrir daños en condiciones de estrés térmico por calor. Según la investigación realizada por Gomez y Lopez [18] “ningún trabajador debería trabajar la jornada completa en condiciones de estrés térmico por calor sin estar debidamente aclimatado”.

### **17. Efectos sobre la salud de la exposición al calor**

El ser humano posee mecanismos internos que permiten el enfriamiento o la regulación de este, cuando existen factores excesivos de calor, es decir, cuando el cuerpo aumenta su temperatura por encima de los 38°C que es el valor normal del cuerpo humano. Estos sistemas de regulación se activan produciendo a niveles fisiológicos distintos fenómenos, como lo son [37]:

- La vasodilatación periférica se refiere al aumento del flujo de sangre hacia la piel con el fin de llevar el calor del interior del cuerpo hacia la superficie de la piel y el calor sea expulsado al exterior.
- Aumento del volumen sanguíneo circundante y de la frecuencia cardiaca.
- Fenómeno de la sudoración que es el aumento de agua (el cual contiene otros elementos cloruro de sodio, potasio y magnesio) en la capa superior de la piel y esta realiza la autorregulación de la temperatura por medio del enfriamiento de esta, manteniendo la temperatura normal.

Las causas del estrés térmico se manifiestan en la salud de los trabajadores con distintas consecuencias y se clasifican en tres niveles:

TABLA IX

Correlación entre el rendimiento y el aumento de la temperatura ambiental.

20°C

| <b>T<sup>a</sup>confortable</b>   | <b>Capacidad<br/>plena</b>   | <b>rendimiento</b> |
|---|------------------------------|--------------------|
| Malestar<br>Irritabilidad<br>Dificultad de concentración<br>Disminución de rendimiento intelectual  | Trastornos psíquicos         |                    |
| Aumento fallos en trabajo<br>Disminución rendimiento trabajos de destreza<br>Mayor número de accidentes   | Trastornos psicofisiológicos |                    |
| Disminución rendimiento trabajos pesados<br>Perturbación metabolismo hidrosalino<br>Sobrecarga sistema cardiovascular<br>Fuerte fatiga, riesgo de agotamiento | Trastornos fisiológicos      |                    |

35-40°C **Límite de la máxima temperatura tolerable**

Nota: niveles de agrupación de los efectos por estrés térmico. [38]

### **18. Enfermedades relacionadas con el calor:**

El calor puede producir muchos efectos en un ambiente laboral, entre ellos el riesgo de que ocurran accidentes de trabajo o por ende causar una enfermedad crónica o agravamiento de la misma, las probabilidades de que esto suceda es la exposición directa de la persona a condiciones de calor continuo en su lugar de trabajo, en donde se puede presentar cantidad de calor acumulado en el cuerpo poniendo en riesgo su vida.

En la tabla X se muestra un resumen de las enfermedades relacionadas con el calor, se exponen sus causas, síntomas y los métodos de prevención.

TABLA X  
Enfermedades relacionadas con el calor

| ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CALOR | CAUSAS  | SÍNTOMAS  | PRIMEROS AUXILIOS  | PREVENCIÓN   |
|--|---|---|--|--|
| <b>Erupción cutánea</b>                | Piel mojada debido a excesiva sudoración o a excesivo porcentaje de humedad ambiental.  | Erupción roja en la piel ( <b>puede infectarse</b> ).<br>Intensa rasquiña que impide estar bien.  | Limpiar la piel y secarla.<br>Cambiar la ropa si está húmeda.  | Tomar duchas, usar jabón y secar bien la piel. Evitar la ropa ajustada.  |
| <b>Calambres</b>                       | Pérdida de sales, debido a la excesiva sudoración.<br>Falta de ingestión de sales.  | Espasmos (movimientos inconscientes de los músculos) y dolores musculares en los brazos, piernas, abdomen, etc.<br><br>Pueden presentarse durante el trabajo o después en horas de descanso.  | Realizar ejercicios de estiramiento.<br>Descansar en un lugar fresco.<br>Beber agua con sales o bebidas isotónicas.  | Ingesta agua de sal con las comidas.<br><br>Durante el periodo de aclimatación al calor, ingesta suplementaria de sal.   |
| <b>Síncope por calor</b>               | Al estar de pie e inmóvil durante mucho tiempo en un sitio caluroso, no llega suficiente sangre al cerebro.   | Desmayo o desvanecimiento, visión borrosa, mareo, debilidad, pulso débil.   | Poner a la persona recostada con las piernas levantadas en un lugar fresco.  | Realizar el proceso de aclimatación.<br>Evitar estar inmóvil durante mucho rato, moverse o realizar alguna actividad.  |
| <b>Deshidratación</b>                  | Pérdida excesiva de agua, debido a que se suda mucho y no se repone el agua perdida.  | Excesiva sed, boca y mucosas secas, fatiga, aturdimiento, taquicardia, piel seca, orina concentrada y oscura.   | Beber pequeñas cantidades de agua cada 30 minutos.   | Beber abundante agua fresca con frecuencia, aunque no se tenga sed.<br>Ingesta de sal con las comidas.   |
| <b>Agotamiento por calor</b>           | En condiciones de estrés térmico por calor: trabajo continuado, sin descansar y sin reponer el agua y las sales perdidas al sudar.<br><br><b>Puede terminar en golpe de calor.</b>  | Debilidad y fatiga extremas, náuseas, malestar, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, pérdida de conciencia.<br>Piel pálida, fría y mojada por el sudor.<br>La temperatura del cuerpo puede superar los 39°C.                           | Trasladar al individuo a un lugar fresco y recostarlo con los pies levantados, aflojarle o quitarle la ropa y refrescar con agua o aire.   | Previa aclimatación.<br>Ingesta adecuada de sal con las comidas.<br>Beber abundante agua, aunque no tenga sed.   |
| <b>Golpe de calor</b>                  | Trabajo excesivo de trabajadores no aclimatados, mal estado físico, susceptibilidad, enfermedad cardiovascular crónica, toma de ciertos medicamentos, obesidad, ingesta de alcohol, deshidratación, agotamiento por calor, etc. | Taquicardia, respiración rápida y débil, tensión arterial elevada o baja, disminución de la sudoración, irritabilidad, confusión y desmayo.<br><br>La temperatura del cuerpo puede superar los 40,5°C.<br><br><b>PELIGRO DE MUERTE.</b> | Alejar al afectado del calor, realizar proceso de enfriamiento y <b>llamar urgentemente al médico</b> .<br><br>Quitarle la ropa e introducirlo en una bañera de agua fría o similar. | <b>¡¡ES UNA EMERGENCIA MÉDICA!!</b><br><br>Vigilancia médica a los trabajos extremadamente expuestos a calor.<br>Aclimatación, atención especial en olas de calor y épocas calurosas.<br>Cambios en los horarios de trabajo.<br><br>Beber agua frecuentemente.<br>Ingesta adecuada de sal con las comidas. |

Nota: causas, síntomas, y métodos de primeros auxilios y de prevención de las enfermedades relacionadas con el calor. Las frases en rojo señalan la mayor consecuencia del ítem manifestado [38].

## **18.1. Controles para evitar el estrés térmico**

El riesgo de estrés térmico como anteriormente se había mencionado es un riesgo al que están expuestos los trabajadores que operan en instalaciones y máquinas que producen energías elevadas o que poseen una alta emisión de temperatura. Este fenómeno puede provocar también síntomas fisiológicos: espasmos, malestar y sacudidas, que pueden desembocar incluso en la muerte, por esta razón se deben proporcionar e implementar controles dentro de las empresas que permitan proteger adecuadamente a las personas de situaciones de calor que generan estrés térmico. Estos métodos de control tienen como objetivo principal prevenir el mayor riesgo que es el golpe de calor y se clasifican entre generales y específicos [39]:

### **18.1.1. Controles generales**

- Diseñar instrucciones verbales y escritas con información precisa para la formación que requieren los trabajadores, además programar entrenamiento frecuente y capacitaciones acerca del estrés por calor, la sobrecarga térmica y las enfermedades causadas por estrés térmico.
- Impulsar en los trabajadores expuestos el consumo de cantidades adecuadas de agua potable.
- Promover e implantar estilos de vida saludable, peso corporal ideal y balance electrolítico.
- Orientar y evaluar aquellos trabajadores que toman medicamentos que pueden complicar el funcionamiento normal cardiovascular, la presión sanguínea, la regulación de la temperatura corporal, renal, o la función de las glándulas sudoríferas.
- Considerar dentro del control de la salud, la realización de pruebas médicas específicas y examen médico de preempleo con el fin de detectar anticipadamente la sensibilidad a daños por exposición al calor.
- Se debe realizar el proceso de aclimatación a aquellos trabajadores que retornan después de ausencias sin exposición a calor y de igual manera

promover el consumo de alimentos salados (con aprobación del médico ocupacional sobre dieta nutricional).

- Darle prevalencia y no evitar ningún síntoma relacionado con trastornos por calor.

#### **18.1.2. Controles específicos**

- Estimar controles de ingeniería que reduzcan la tasa metabólica, renovación del aire, reducción de los procesos que emiten vapor de agua y calor, y fuentes de calor radiante, entre otros.
- Crear procesos administrativos donde se tomen los tiempos de exposición a niveles aceptables de calor.
- Considerar la protección personal que demuestre eficacia para los trabajos específicos y condiciones del lugar.

### **19. Marco legislativo que rige para el estrés térmico**

Internacionalmente se han establecido normas de seguridad y salud en el trabajo, algunas se rigen de manera nacional por el gobierno de cada país; pero es fundamental que cada empresa conozca e implemente por la salud y el bienestar del personal que labora dentro de ellas. A continuación, se enumeran y exponen las principales leyes bajo las cuales se controla el riesgo de estrés térmico en el campo laboral y de igual manera las normas que protegen el medio ambiente de fuentes de contaminación:

- 1) Resolución 2400 del 22 mayo de 1979:** expedida por el ministerio de trabajo y seguridad social, por la cual se establecen disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad industrial en los establecimientos de trabajo [40].
- 2) Ley 1972 del 2019:** por medio de la cual se establece la protección de los derechos a la salud y al medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles [41].

- 3) **Ley 1562 de 2012:** en la cual se establece el sistema general de riesgos laborales y en su artículo 3 nos define un accidente de trabajo como todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o muerte [42].
- 4) **UNE-EN ISO 7243:2017:** norma de ergonomía del entorno térmico. Establece el índice WBGT y se utiliza en ambientes laborales para evaluar el estrés térmico al que está sometido la persona expuesta a un ambiente caluroso [43].
- 5) **ISO 7730:2005:** ergonomía del ambiente térmico, define el confort térmico como la sensación térmica experimentada por el ser humano relacionada con el equilibrio térmico global de su cuerpo [44]. (ISO 7730:2006) Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV Y PPD y los criterios de bienestar térmico local. [44].
- 6) **ISO 13731:2020:** Ergonomía del ambiente térmico. Vocabulario y símbolos. Esta norma nacional define las magnitudes físicas en el campo de la ergonomía del ambiente térmico. Se enumeran también los símbolos y las unidades correspondientes. [45]
- 7) **ISO/TS 13732-2:2001:** Ergonomía del entorno térmico. Métodos para la evaluación de las respuestas humanas al contacto con superficies. Parte 2: contacto humano con superficies a temperatura moderada. [46].
- 8) **ISO 8996:2004:** Ergonomía del ambiente térmico, determinación de la tasa metabólica. Esta norma internacional especifica diferentes métodos para la determinación de la tasa metabólica en relación con la ergonomía del ambiente climático de trabajo. [47].
- 9) **ISO 7933:2005:** Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga térmica [48].

- 10) **UNE-EN 27243:1995:** Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (temperatura húmeda y temperatura globo-ISO 7243:1989) (versión oficial EN 27243:1993). [48].
- 11) **UNE-EN 407:2005:** guantes de protección contra riesgos térmicos (calor y/o fuego). [48].
- 12) **UNE-EN ISO 14116:2008:** Ropa de protección. Protección contra el calor y la llama. Ropa materiales y conjunto de materiales con propagación limitada de llama. [48].
- 13) **ISO 9886:2004:** evaluación de la sobrecarga térmica mediante mediciones fisiológicas. Norma internacional que describe métodos para medir e interpretar los siguientes parámetros fisiológicos (temperatura central del cuerpo, temperaturas cutáneas, frecuencia cardíaca, pérdida de masa corporal. [49].
- 14) **ISO 7726:2002:** Ergonomía del ambiente térmico. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. Esta norma especifica las características mínimas de los instrumentos de medida de las magnitudes físicas que definen el ambiente térmico. [50].
- 15) **UNE-EN ISO 15265:2005:** Ergonomía del ambiente térmico. Estrategia de evaluación del riesgo para la prevención del estrés o incomodidad en condiciones de trabajo térmicas. [51].

## METODOLOGÍA

Dentro del margen de la investigación realizada se desarrolló un tipo de investigación mixta que combina datos cualitativos y cuantitativos, la cual fue estructurada con la recopilación y análisis de información que se obtuvo de diversas fuentes, dentro de las cuales se hizo uso de las encuestas, cuestionarios, acceso a políticas del SG-SST de la empresa y mediciones del nivel de estrés térmico bajo el sensor EXTECH HT30.

En la Fig. 9. se puede observar el esquema de la metodología de la investigación realizado.

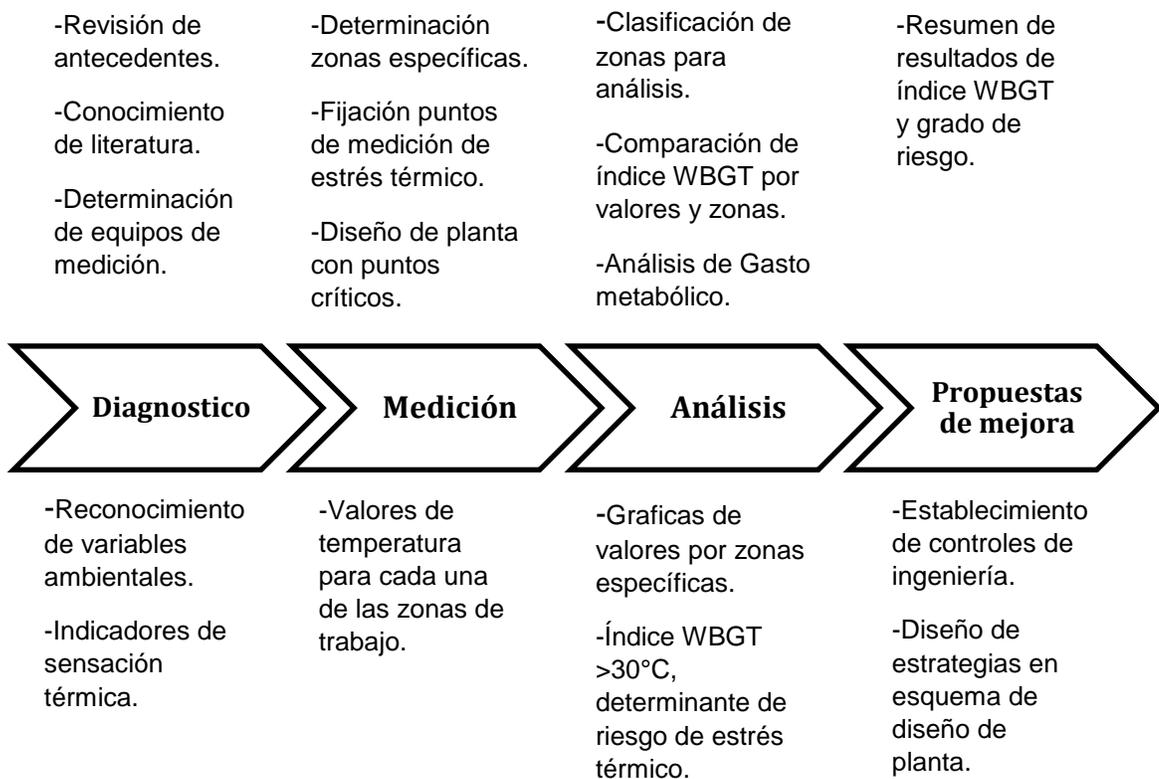


Fig. 9. Metodología de la investigación [52]

## CAPÍTULO II

### DIAGNÓSTICO INICIAL

#### 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

##### 1.1. Información general de la empresa

- Nombre comercial y razón social: CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S.
- NIT: 900618497-5
- Representante legal: Karol Viviana Tobar Polindara.
- Dirección: semáforos María Occidente – Cll. 5 #36-164 Popayán Cauca.
- Contacto: 835 35 22 – 312 263 8566.
- Logotipo:



Fig. 10. Logotipo CDA DIAGNOSTIMOTOS. [53]

- **Página Web:** <https://www.cdadiagnostimotossas.com/>
- **Actividad económica:** CIU 7120 análisis y ensayos técnicos [53].
- **Actividades que realiza la empresa:**

El CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S es una empresa dedicada a realizar revisiones técnico-mecánicas y de emisiones de gases de motocicletas, en cumplimiento de las normas de seguridad viales y ambientales.

- **Misión:**

CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S, es un organismo encargado de realizar la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes exclusivo para motocicletas 2T y 4T; donde se destacan valores corporativos como la confiabilidad, calidad, rapidez, legalidad para prestar el servicio; con personal idóneo y calificado bajo competencias laborales para tal fin; cuyo objetivo final es el compromiso con la disminución en la accidental vial y protección del medio ambiente en la región [53].

- **Visión:**

Para el año 2025, continuaremos liderando en la ciudad de Popayán y municipios aledaños, la prestación del servicio de revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes a motocicletas; comprometidos con los valores corporativos de confiabilidad y legalidad, manteniendo el personal acreditado, competente e idóneo, utilizando equipos a la vanguardia tecnológica, que permita mantener la calidad, rapidez, confiabilidad y sello de garantía de nuestro servicio [53].

- **Política del Sistema de Gestión:**

Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes e inversionistas contribuyendo al cumplimiento de las normas de tránsito ambiental en el país; para ello nos comprometemos a mantener instalaciones y equipos adecuados, contando con un personal calificado e idóneo que garanticen el mejoramiento continuo del Sistema de Gestión de la organización y de la prestación del servicio [53].

- **Ubicación geográfica:**

DIAGNOSTIMOTOS S.A.S se encuentra ubicado por la calle 5 al occidente de Popayán. Popayán es la capital del Departamento del Cauca en la República de Colombia, fundada el 13 de enero de 1537, se encuentra a una altitud de 1.738 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una temperatura media de 18° a 19 °C durante todo el año, alcanzando temperaturas máximas en los meses de julio, agosto y septiembre en horas del mediodía, hasta 29°C y mínimas de 10 °C en

horas de la madrugada en verano, presenta una precipitación media anual de 1.941 mm, se localiza a los 2°27' norte y 76°37'18" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Cuenta con aproximadamente 270.000 habitantes en su área urbana [54].

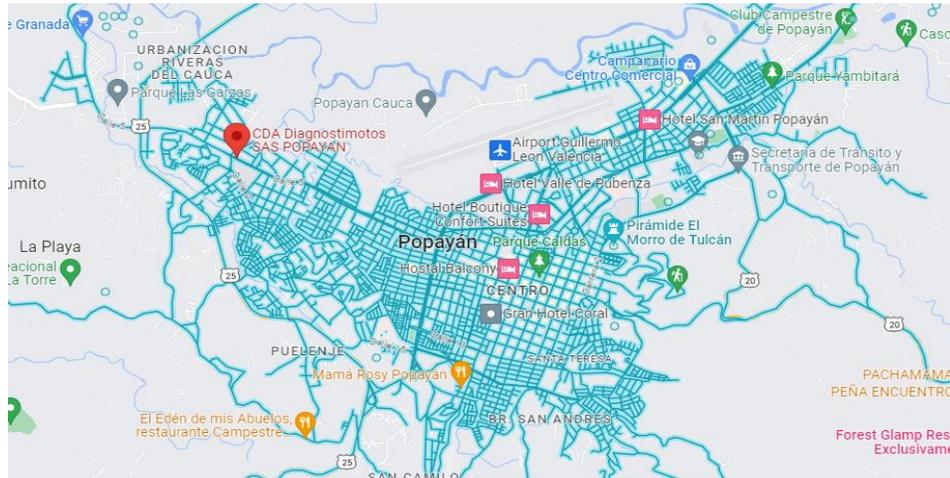


Fig. 11. Ubicación geográfica CDA DIAGNOSTIMOTOS. [55].

La ciudad tiene como principales fuentes hídricas los ríos Blanco, Ejido, Molino, Las Piedras, Cauca, Negro, Mota, Pisojé, Clarete, Saté y Hondo, de cuatro de estas abastece su acueducto municipal para llevar agua potable a casi la totalidad de la población. La mayor extensión de su suelo corresponde a los pisos térmicos templado y frío [54].

## 1.2. Áreas funcionales

El CDA cuenta con dos áreas funcionales de la empresa, la primera es el área administrativa, donde se encuentra gerente, subgerente, director sistema de gestión, mercadeo y publicidad y contador, la segunda es el área técnica y operativa, que es donde se realizan todos los procesos de inspección y revisión técnica, esta área se divide en 5 estaciones (Estación pre-revisión, Estación sensorial, Estación Frenos y luces, Estación Ambiental y Estación post-revisión). Estas áreas a su vez cuentan con un orden jerárquico, el cual se puede evidenciar en la Figura 12.

## ORDEN JERARQUICO

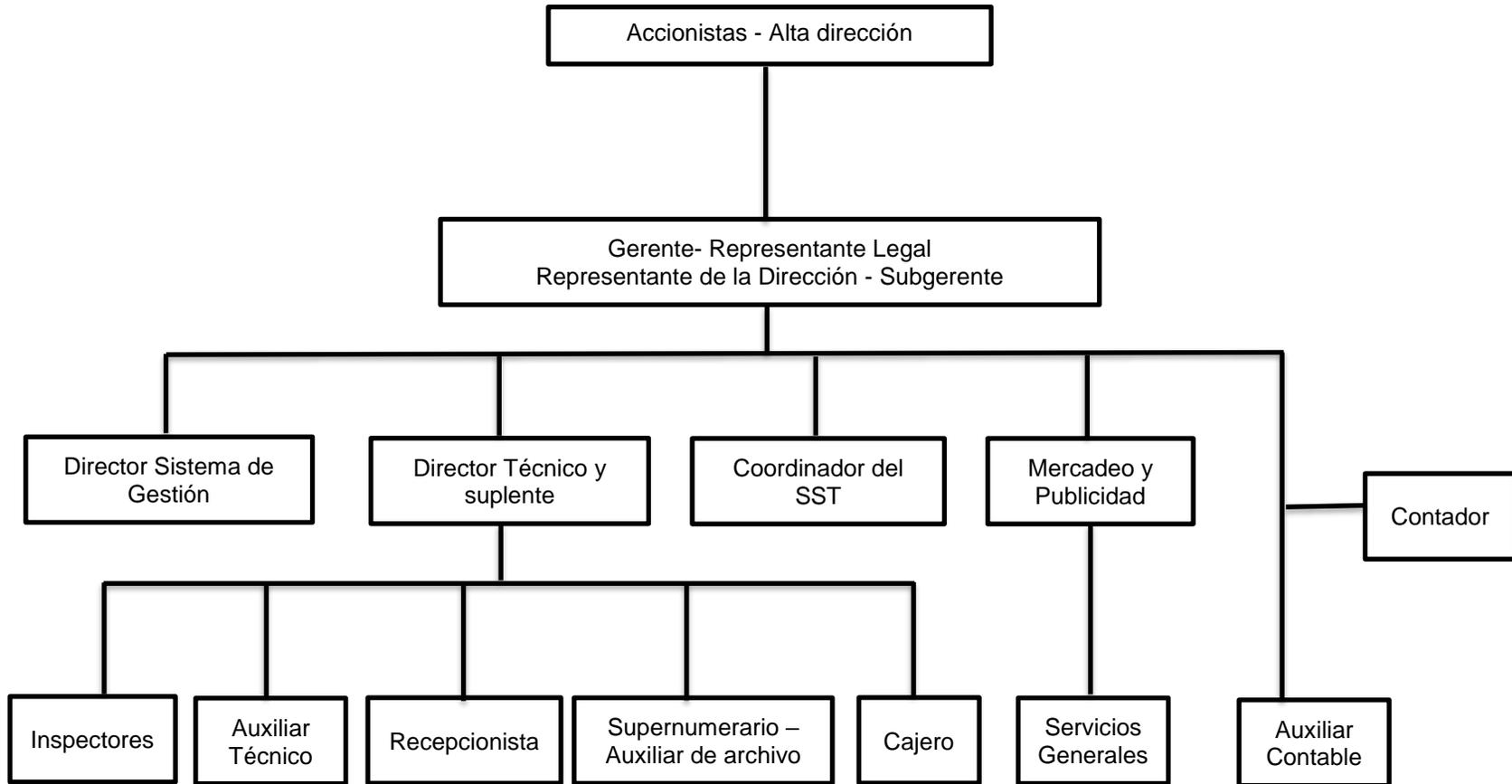


Fig. 12. Áreas funcionales del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. [53]

### 1.3. Distribución de planta

Se realizó una distribución gráfica de planta del CDA DIAGNOSTIMOS S.A.S. que se puede observar en la Fig. 13. El área objeto de estudio es el área técnica y operativa, se tiene que la sensación térmica que se presenta al momento de realizar la inspección de las motocicletas está afectando a los operarios que hacen uso de los equipos de revisión e inspección (sensorial, gases, frenos y luces).

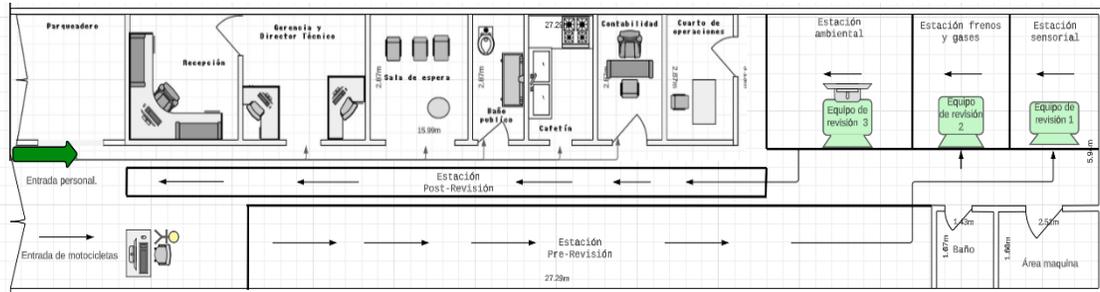


Fig. 13. Distribución en planta del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. [52]

Como se puede evidenciar en la gráfica las estaciones de pre-revisión, sensorial, frenos, luces y gases se encuentra al fondo de las instalaciones del CDA, estas no cuentan con espacios y/o dispositivos de entrada o salida de aire, por lo tanto, los gases y el calor se está encerrando dentro del área de producción y no existe una buena circulación de aire que reduzca el estrés térmico y la acumulación de gases dentro de la planta; lo que afecta la salud de los operarios que se encuentran laborando.

#### 1.3.1. Áreas de la empresa

##### Área administrativa:

Esta área de la empresa es fundamental dado que es la que mantiene el orden y la precisión de todos los departamentos. Es de suma importancia llevar un buen proceso administrativo para que se pueda realizar una correcta organización y distribución eficiente de los recursos y de la información valiosa o bienes materiales,

de igual manera para capacitar debidamente el personal y se realicen las demás estrategias empresariales de mejoramiento [56].

El departamento administrativo del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S cuenta con oficina de gerencia, director técnico, contabilidad y archivo, y está distribuida como se puede evidenciar en la Fig.14.

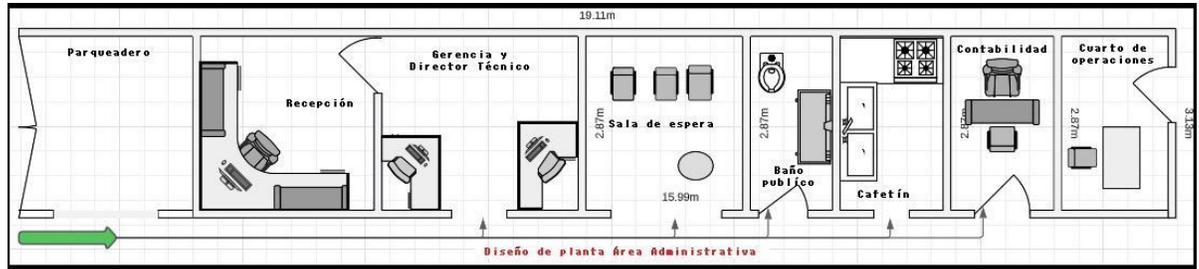


Fig. 14. Área administrativa CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. [52]

### Área técnica y operativa:

El área productiva del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. es la zona de las estaciones donde se realiza la revisión e inspección de motocicletas, por lo tanto, esa sería el área técnica y operativa de toda la organización. En esta zona de la actividad económica es donde la empresa realiza su actividad.

Esta área productiva consta de cinco estaciones (pre-revisión, sensorial, frenos y luces, ambiental, post revisión), por las que cada motocicleta debe pasar para cumplir su ciclo de revisión. Estas áreas se muestran en la Fig.15. y en la tabla XI se muestran sus respectivas denominaciones.

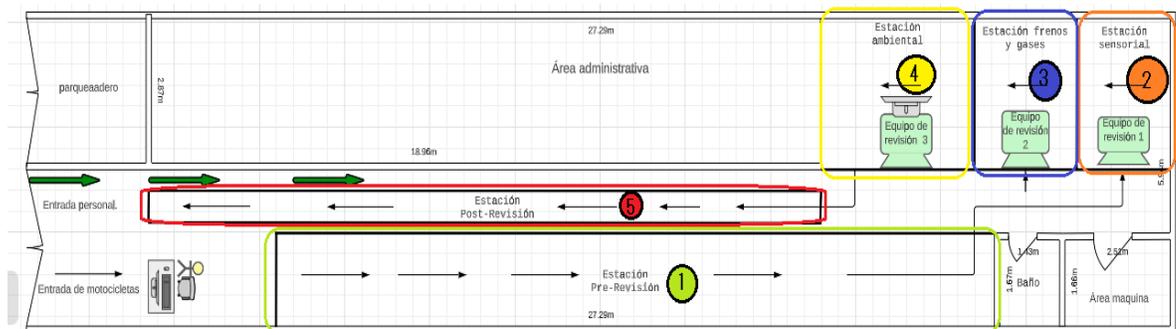


Fig. 15. Estaciones del área productiva. [52]

TABLA XI  
Estaciones de la zona productiva

| Número de estación | Estaciones de la zona productiva |
|--------------------|----------------------------------|
| 1                  | Estación pre-revisión            |
| 2                  | Estación sensorial               |
| 3                  | Estación frenos y luces          |
| 4                  | Estación ambiental               |
| 5                  | Estación post revisión           |

Nota: número de estaciones con el color designado en el diseño de planta. [56].

### ESTACIÓN PRE-REVISIÓN:

La fase de pre-revisión es la primera dentro del proceso de revisión técnico-mecánica del CDA.



Fig. 16. Operario en estación de pre-revisión. [52].

Una vez el personal encargado recibe la motocicleta en el centro diagnostico automotor DIAGNOSTIMOTOS S.A.S., uno de los integrantes del equipo técnico,

verifica que el vehículo se encuentre preparado para ser inspeccionado y procede a realizar el siguiente procedimiento [57]:

- Verificar que el vehículo se encuentre descargado (es decir, vacío), además, el estado de limpieza debe ser óptimo que permita el desarrollo normal de la inspección técnico-mecánica (RTM).
- Validar que la placa, marca, clase de vehículo, servicio y color correspondan al vehículo presentado en el CDA, de acuerdo con lo descrito en la licencia de tránsito (antes tarjeta de propiedad).
- La alarma debe estar desactivada. (en caso de que aplique).
- Se verifica el tipo de combustible utilizado por la motocicleta (electricidad, gasolina).
- La presión de cada una de las llantas del vehículo debe ser la adecuada (con el fin de que este parámetro no afecte el resultado de las pruebas de acuerdo con la presión especificada por el fabricante o la relacionada en la siguiente tabla.

Además de lo anterior el equipo técnico debe verificar que en el vehículo no existan elementos que impidan el desarrollo normal de las pruebas, por lo tanto, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Uniones del múltiple, silenciador del sistema de escape.
- Salidas adicionales en el sistema de escape.
- Accesorios en el tubo de escape.
- Tapas o tapones de combustible y de aceite.
- Filtro de aire.

En caso de que las condiciones de la motocicleta no cumplan con las características anteriormente mencionadas, se le solicitará al cliente el retiro o ajuste de estas.

Toda la información aquí requerida se registra en el formato PRE REVISIÓN (dentro del sistema de información) donde se consigna toda la información de la moto.

Posteriormente se invita al cliente o propietario de la moto a que se dirija a la zona de espera durante el desarrollo de las pruebas.

Finalmente, el equipo humano de trabajo lleva la motocicleta a la línea de inspección para iniciar el proceso de revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes.

## ESTACIÓN SENSORIAL



Fig. 17. Operario en estación sensorial. [52].

Dentro del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S., en el desarrollo de la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes realizan la siguiente inspección sensorial:

## TABLA XII

### Proceso de inspección de la estación sensorial

|  |
|--|
| <p><b>EXTERIOR Y CHASIS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Partes exteriores en mal estado (flojas, sueltas), que presenten peligro para los demás usuarios de la vía.</li><li>• Presencia en aristas o bordes cortantes exteriores en el vehículo.</li><li>• Roce o interferencia entre las llantas y el guardabarros, chasis o suspensión.</li><li>• Corrosión exterior.</li><li>• Corrosión en chasis.</li><li>• Roturas, perforaciones, desacople o inexistencia del sistema de escape.</li></ul>   |
| <p><b>RETROVISORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se verifica la existencia de los dos espejos retrovisores, estos deben encontrarse en estado funcional y sin averías.</li><li>• Se inspecciona el estado o fijación de los retrovisores, esta debe encontrarse en perfecto estado operativo o funcional.</li></ul>  |
| <p><b>SILLIN Y REPOSAPIES</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El sillín y/o reposapiés debe estar perfectamente anclado al chasis de la moto, no debe presentar ningún tipo de riesgo de desprendimiento.</li></ul>  |
| <p><b>DISPOSITIVOS DE RUIDO NO PERMITIDOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• No debe existir ningún tipo de dispositivo o accesorio diseñado para producir ruido, de igual forma no debe estar instalado silenciador, o resonador o dispositivos similares en las motocicletas.</li></ul>   |
| <p><b>BOCINA, PITO O DISPOSITIVO ACÚSTICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El funcionamiento de la bocina, pito o dispositivo acústico debe ser operativo y funcional acorde con su finalidad.</li></ul>  |
| <p><b>ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN</b></p> <p>Se inspecciona lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El funcionamiento y existencia de los dispositivos que encienden y/o conmutan las luces.</li><li>• El estado, operación, de las luces direccionales delanteras y de las luces direccionales traseras.</li><li>• El estado o el funcionamiento de las luces de parada o freno.</li><li>• El estado de la operación de las luces del tablero de instrumentos.</li><li>• El color, cantidad e intensidad de cada una de las luces anteriormente mencionadas se realiza en la estación de frenos y luces de la siguiente etapa.</li></ul> |
| <p><b>PEDAL DE FRENO TRASERO / MANIGUETA DE FRENO DELANTERO Y/O TRASERO</b></p> <p>En esta estación como mínimo se considera lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Carrera o movimiento de los dispositivos de accionamiento del sistema de frenos: no deben ser excesivos o insuficientes.</li><li>• Retorno inadecuado del pedal/palanca del freno trasero y/o delantero.</li><li>• Inoperancia total del freno en alguna de las ruedas.</li></ul>   |
| <p><b>GUAYAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se verifica que la moto no tenga fundas, cables, guayas o varillas deterioradas, con riesgo de desprendimiento o interferencia con otros elementos del vehículo.</li></ul>  |

## TABLA XII-CONTINUACIÓN

### Proceso de inspección de la estación sensorial

#### **CILINDRO MAESTRO**

- El cilindro maestro o bomba de freno no puede encontrarse deteriorado, con fuga de líquido o con riesgo de desprendimiento.
- La cantidad de líquido de frenos debe encontrarse dentro de los niveles indicados.
- La ausencia de la tapa del depósito de líquido de frenos no es admisible.

#### **TUBOS Y MANGUERAS DE FRENO**

- Los tubos, mangueras y conexiones no pueden presentar pérdidas de líquido.
- No son admisibles los tubos o mangueras deteriorados, dañados, deformados o excesivamente corroídos o con riesgo de desprendimiento.

#### **MORDAZA DE FRENO**

Durante el proceso de inspección sensorial se verifica que las mordazas de freno no tengan fugas visibles o con riesgo de desprendimiento, de igual forma, se revisa que se cuente con todos los elementos de sujeción tales como tornillos, de acuerdo con las características y especificaciones de la moto.

#### **SUSPENSIÓN**

Los operarios realizan la siguiente revisión:

- Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión.

#### **DIRECCIÓN**

Se verifica la fijación de la dirección, no debe estar defectuosa o con riesgo de desprendimiento de cualquiera de sus elementos constitutivos.

#### **RINES Y LLANTAS**

Los rines y llantas son inspeccionados en detenimiento verificando:

- Los elementos de fijación de las llantas, como tuercas, pernos, deben estar completos y en adecuado estado para su correcta operación.
- Los rines no deben presentar deformaciones y/o fisuras.
- Las llantas no pueden estar despegadas o rotas, las bandas laterales deben estar en adecuado estado de operación.
- Las llantas no pueden presentar protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento.
- La profundidad de labrado de las llantas en el área de desgaste debe ser por lo menos de 1mm o igual a los valores especificados por los fabricantes.

#### **SOPORTE DE ESTACIONAMIENTO**

El personal operativo verifica la existencia y funcionalidad de los soportes de estacionamiento.

#### **MOTOR Y CAJA**

Durante el proceso de inspección sensorial se verifica que el vehículo:

- No presente pérdida de aceite, ni goteo de fluidos.
- El estado del cableado eléctrico debe ser óptimo, no puede presentar desprendimientos, los elementos de sujeción deben estar completos y en buen estado de operatividad.
- No puede presentarse ningún tipo de fuga en el sistema de refrigeración, esto de acuerdo con el modelo y características de cada vehículo.

NOTA: Para los vehículos utilizados para impartir enseñanza, se verifica la existencia y correcta operación del mecanismo de doble mando de frenos. [57].

## ESTACIÓN DE FRENOS Y LUCES

### PRUEBA FRENOS

En primera instancia es importante saber que, una incorrecta presión de los neumáticos puede dar lugar a lecturas erróneas, por lo que es necesario garantizar que la presión de aire en las llantas corresponde a las especificaciones técnicas de operación de las motocicletas.

Dentro de este proceso se realiza la prueba de frenado a cada una de las llantas de la motocicleta, para lo cual [57]:

1. Se ingresa la rueda delantera a los rodillos, automáticamente se cerrarán las mordazas y los rodillos empezarán a girar.
2. El software proporciona instrucciones al inspector, con las cuales se adelanta el proceso de análisis.
3. Seguidamente se realiza la inspección a la rueda trasera del vehículo, siempre de acuerdo con las indicaciones del software de Revisión Técnico-Mecánica y de Emisiones Contaminantes.
4. Los resultados son almacenados dentro del software de manera automática alimentando la información pertinente a la inspección en proceso.

En los vehículos dotados de sistema de control de tracción, para efectuar la prueba en el Frenómetro, será necesario parar el motor, y con la llave de contacto en la posición stop, proceder normalmente. Si el vehículo posee un dispositivo que deje fuera de servicio el sistema, se procederá a su desconexión antes de ubicarlo en el Frenómetro.

Los vehículos con sistema de tracción integral mecánico, que no pueden ser desacoplados manualmente, tendrán que ser inspeccionados teniendo en cuenta las características que presente dicho sistema.

**Nota:** Cuando en la inspección sensorial se detecta que el vehículo no cumple con la profundidad de las llantas y este es rechazado, en la segunda oportunidad de inspección se deberá realizar nuevamente la prueba de eficacia de frenado.



Fig. 18. Operario realizando la prueba de frenos. [52].

## **PRUEBA DE LUCES**

El proceso de inspección de luces corresponde a un procedimiento automatizado y alineado a los estándares normativos colombianos en materia de desarrollo de las Revisiones Técnico Mecánicas en el país.

De esta forma, el personal técnico ingresa y controla la información suministrada al software, posteriormente ubica el vehículo en la celda de trabajo destinada para la inspección de luces. Inmediatamente, se alinea el luxómetro y la motocicleta, para lo cual se utiliza la guía láser como mecanismo de control.

Seguidamente, se procede a encender las luces, a continuación, de manera automática se fija el grado de inclinación y se toma el grado de intensidad lumínica de las luces del vehículo, proceso que se lleva a cabo con el luxómetro.

## [53] ESTACIÓN AMBIENTAL

### PRUEBA DE GASES (emisiones contaminantes)

En la prueba de gases se adelantó inicialmente una serie de actividades de acuerdo con la normativa que regula el desarrollo de la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes en Colombia.



Fig. 19. Operario realizando la prueba de gases. [52].

#### Preparación para la prueba de gases:

- A.** Inicialmente se debe preparar el equipo de medición, verificar el estado de los filtros y de la sonda.
- B.** En caso de existencia, se procede a eliminar todo material particulado, agua, humedad o cualquier sustancia extraña presente en el equipo y que puedan alterar el resultado de la inspección de gases.
- C.** Gracias al proceso interno de gestión metrológica, se asegura el correcto estado de mantenimiento, calibración, verificación y puesta a punto del equipo de medición, todo lo cual se desarrolla de acuerdo con el manual de operación y las especificaciones del fabricante del equipo de inspección.
- D.** En función de las características del vehículo a inspeccionar, se debe utilizar una sonda de prueba con punta doble para determinar los valores de las concentraciones de los gases en motos con doble tubo de escape.

### **Inspección inicial de la prueba de gases:**

La inspección inicial durante la Prueba de Gases en el marco de la Revisión Técnico-Mecánica y de Emisiones Contaminantes consiste en el desarrollo de los siguientes pasos:

- Se verifica que los datos del vehículo coincidan con la información del sistema de información.
- Se verifica existencia de fugas en el tubo, uniones y silenciador del sistema de escape.
- Se revisa que el vehículo no tenga salidas adicionales diferentes a las originales del sistema de escape.
- Se revisa la presencia de tapones de aceite y/o fugas en el mismo.
- Se verifica la temperatura mínima para el inicio del proceso. (40°C en la tapa del embrague)

Antes de realizar la medición, se verifica que las siguientes partes del vehículo se encuentren en buenas condiciones:

- ✓ Tubo de Escape: Buenas condiciones de funcionamiento, no tener fugas en su recorrido. Cuando el vehículo cuenta con más de una salida para el escape de gases (ej: doble escape), la medición se realizará por separado en cada uno de estos, y se tomará dentro del informe la lectura mayor registrada.
- ✓ Sistema de Admisión de Aire y Filtro de Aire: Buen estado de funcionamiento.
- ✓ Filtro de Combustible: Buen estado de funcionamiento.
- ✓ Tanque de Combustible: No tener fuga y el tapón del combustible debe cerrar herméticamente.
- ✓ Nivel de Aceite en el Carter: Verificar existencia de aceites en niveles óptimos.

Nota: En caso de presentarse inconsistencias en estas condiciones, el inspector realizará la respectiva observación dentro de los registros en el software de inspección.

**Prueba de gases:**

1. Se verifica que la transmisión del vehículo se encuentre en NEUTRO (caja manual) o parqueo (caja automática).
2. Se encienden las luces y se comprueba que cualquier otro equipo eléctrico esté apagado.
3. Se revisa que el control del choke (ahogador) no se encuentre en operación, y los accesorios del vehículo estén apagados.
4. Se acelera la moto durante 10 segundos a 2500 RPM aproximadamente y se observan los humos. Si el color del humo es normal, se continúa con la prueba.
5. Se conectan los dispositivos de medición.
6. Los equipos toman los resultados de las pruebas registrando los resultados en el software de inspección.
7. Se retiran los equipos para que el vehículo se desplace a la siguiente estación de inspección.

**Nota:** Si el vehículo emite humo azul o negro de manera constante por más de diez (10) segundos, no se realizará la medición y la información será registrada dentro del software donde se incluyen los resultados de la Revisión Técnico-Mecánica y de Emisiones Contaminantes [58].

**ESTACIÓN POST REVISIÓN**

En esta estación salen los vehículos después de haberle realizado cada una de las pruebas y se procede a llamar al propietario para darle los resultados, observaciones o cualquier diagnóstico de falla o de aprobación que ha dado como resultado las inspecciones anteriormente realizadas.

### 1.4. Diagrama de proceso de revisión técnico-mecánica

TABLA XIII

Diagrama de proceso de revisión técnico-mecánica en DIAGNOSTIMOTOS S.A.S.

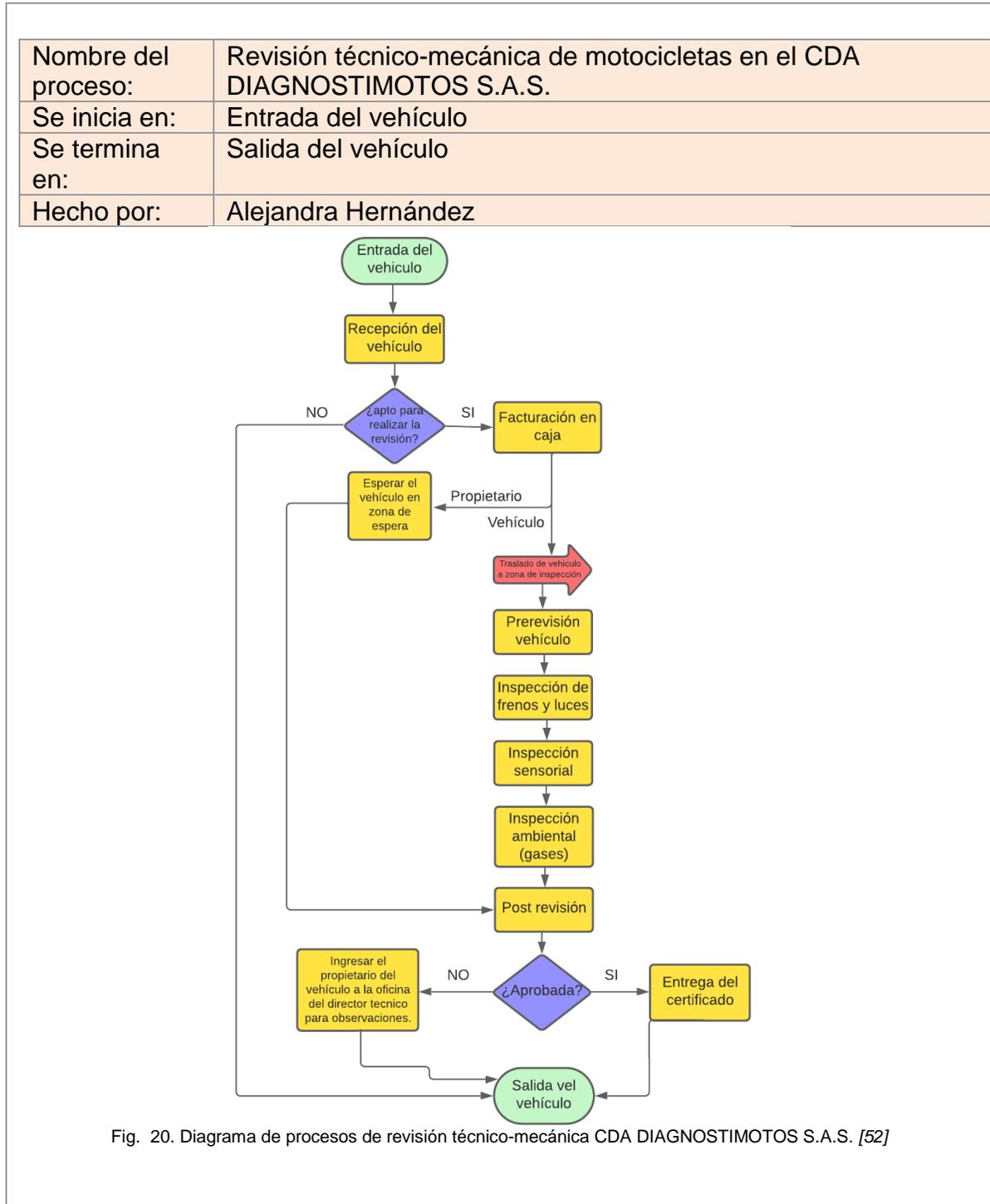


Fig. 20. Diagrama de procesos de revisión técnico-mecánica CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S. [52]

### 1.5. Maquinaria utilizada

Dentro de toda la infraestructura que pertenece a la empresa CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S., se cuenta con innumerables equipos de uso técnico y de oficina, en este apartado mencionaremos los equipos que se utilizan en las estaciones de la zona productiva.

**Elevador de revisión:** este equipo debe soportar un mínimo de 400 kilogramos y al elevar la motocicleta tiene que contar con sistemas de fijación, así se realizará la inspección visual, las características de la suspensión y las demás partes del sistema mecánico [58].



Fig. 21. Elevador hidroneumático. [59]

**Luxómetro o alineador de luces:** este equipo debe tener la capacidad de medir la inclinación del haz de luz y entregar el resultado en porcentaje, también es obligatorio que lleve un sistema de posicionamiento del equipo con relación a la lámpara, que puede ser un apuntador láser. Además, mide la intensidad luminosa en unidades klux con un reporte numérico entregado directamente al sistema de cómputo e inspecciona las luces altas, las bajas y las exploradoras, así se aseguran los resultados sobre intensidad y desviación de cualquier haz de luz [58].



Fig. 22. Luxómetro para motocicletas. [60]

**Frenómetro:** este dispositivo debe tener una precisión de medida de fuerza de frenada del 2% y contar con unos mecanismos de sujeción para la rueda que no esté siendo medida. Con el Frenómetro la técnico-mecánica busca inspeccionar el frenado de las ruedas, el agarre, la eficacia de frenada, el retraso en su funcionamiento o si existen fuerzas de frenado sin que se esté usando el mando de este [58].



Fig. 23. Frenómetro para motocicletas. [61]

**Analizador de gases:** este equipo tiene un sensor para la estimación de la temperatura de operación del motor, otro de velocidad de giro que se mide en revoluciones por minuto, uno más para la temperatura ambiente y otro para la humedad relativa.

Funciona bajo el principio de absorción infrarroja no dispersiva que permite determinar las concentraciones de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC)

y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en los gases del escape. Este analizador debe estar protegido de polvo, humedad o golpes [58].



Fig. 24. Equipo completo de analizador de gases. [62].

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO O EJECUCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El objetivo de la investigación es el estudio del estrés térmico en el área técnica y operativa del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S., para esto, la toma de datos inició dentro del área demarcada como área de trabajo del operario de cada proceso, estas mediciones se realizaron dos días consecutivos en el horario diurno a diferentes horarios, se determinaron realizar mediciones a 12 puntos alrededor de las estaciones de revisión, el instrumento utilizado para realizar las mediciones ambientales: temperatura del aire ( $t_a$ ), temperatura de globo ( $t_g$ ), porcentaje de humedad (RH), índice WBGT; es el medidor de estrés térmico Extech HT30, que hace parte de los instrumentos de laboratorio de la corporación universitaria Unicomfacauca.

Se identificó de manera presencial y según las observaciones realizadas por los operarios los puntos donde se genera la mayor parte de calor y hay mayor concentración de gases en cada estación de trabajo. Las mediciones se hicieron basándose en los parámetros del índice WBGT descritos en la norma internacional ISO 7243, en el capítulo I, ítem 2.10.2. (Ubicación del equipo) [33], dentro de lo cual se establece que hay tres puntos fijos de medición de calor. Dentro de estos procesos cabe resaltar que la problemática de calor y de gases se debe a la circulación de motocicletas y de la revisión de cada una, es por esto que no es necesario tomar mediciones en los puntos de las máquinas, sino, en el espacio que el trabajador se encuentra desarrollando sus actividades.

En la Fig. 25, se muestran las estaciones de trabajo que están generando mayor problema dentro del CDA y el lugar donde el trabajador se ubica para realizar las pruebas de análisis y diagnóstico de motocicletas.

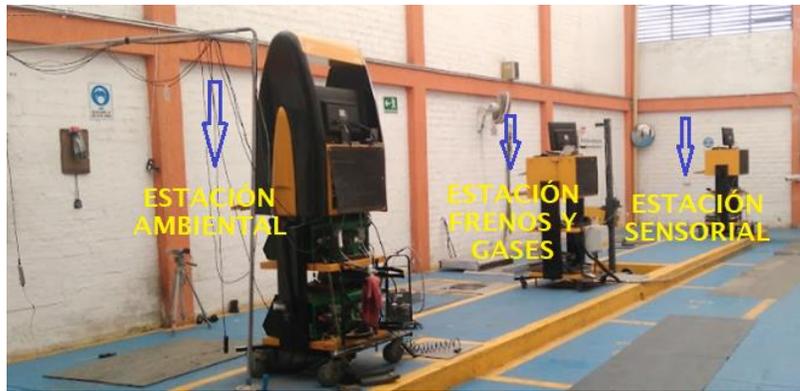


Fig. 25. Estaciones de estudio de medición de estrés térmico. [56].

Como se mencionó anteriormente, las mediciones que se realizaron, se tomaron basadas en los parámetros proporcionados por la norma ISO 7243 de ambientes calurosos-estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo, basado en el índice WBGT.

### **1. Procedimiento para realizar las mediciones**

Se determinaron tres zonas específicas alrededor de las áreas técnicas y operativas (estación pre-revisión, estación frenos y luces y estación ambiental), del CDA donde se realizaron las mediciones (se puede observar en la Fig. 26 marcados de color naranja). La primera zona que se determinó es el área de pre-revisión de motocicletas (se puede observar con puntos de color rojo), la segunda zona que se determinó es el área alrededor de los equipos de inspección y prueba (se puede observar con puntos de color azul) y la tercera zona que se determinó es el área de operación del trabajador (se puede observar con puntos de color amarillo), áreas donde posiblemente se pueden ver afectadas por el calor, en la Fig. 27 se observa la distribución de planta de la empresa CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S donde se encuentran demarcadas los puntos donde se recopilaron las mediciones del índice de estrés térmico.

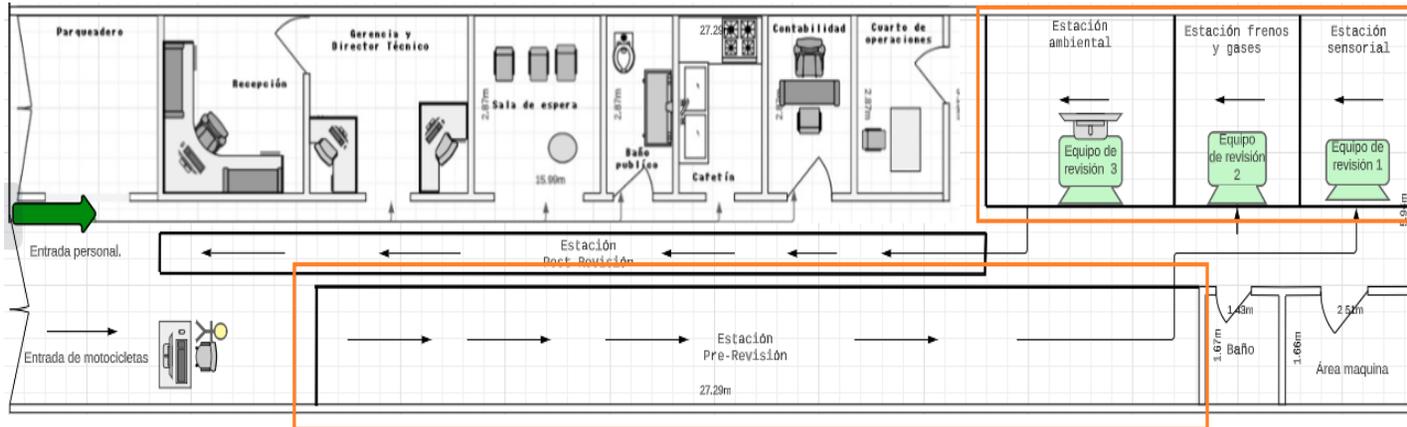
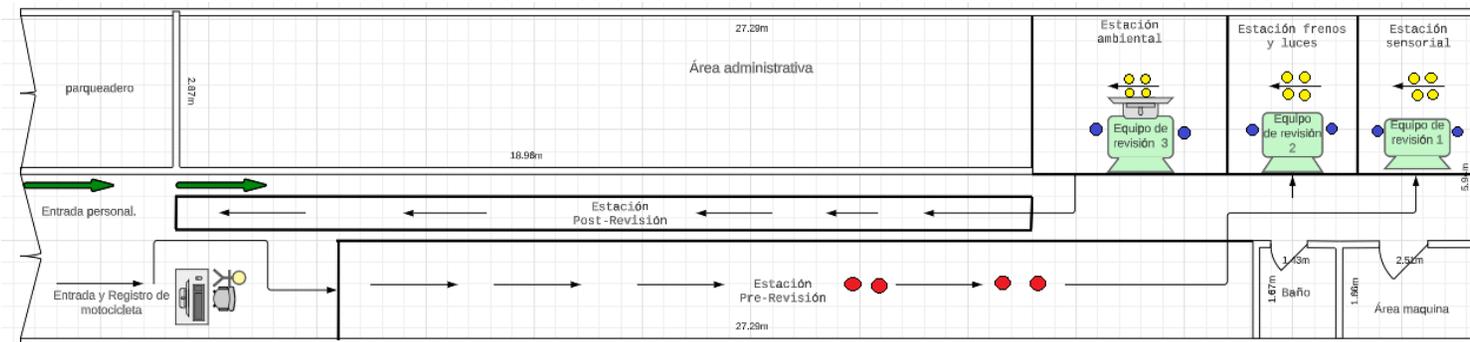


Fig. 26. Diseño de planta con áreas de investigación demarcadas. [52]



| Color        | Áreas  |
|--------------|--------|
| ● (rojo)     | Zona 1 |
| ● (azul)     | Zona 2 |
| ● (amarillo) | Zona 3 |

Fig. 27. Diseño de planta con zonas y puntos específicos de toma de datos. [52]

### 1.1. Zona 1: pre-revisión y post revisión

Se realizó una toma de datos en las zonas de pre y post- revisión, que, a pesar de no haber radiación de los equipos de medición, en muchas ocasiones el flujo de motocicletas es alto y genera calor y gases. Las zonas donde se realizaron las mediciones están demarcadas de color rojo y se muestran en la Fig. 28., en esta parte se tomaron 6 puntos de medición y en cada punto se midió una sola vez y se obtuvieron datos en diferentes horarios de acuerdo al flujo de motocicletas dentro del CDA:

- Primera medición: 10: 30 AM.
- Segunda medición: 11:20 AM.
- Tercera medición: 12:20 PM.
- Cuarta medición: 2:40 PM.
- Quinta medición: 3:00 PM.
- Sexta medición: 3:30 PM.

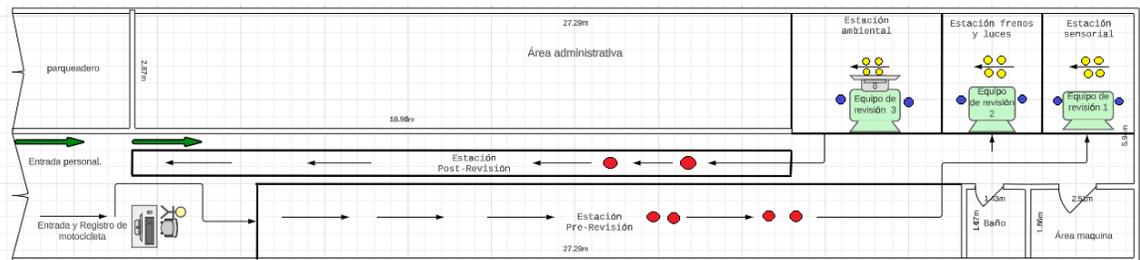


Fig. 28. Punto de toma de datos de estaciones pre y post revisión. [52].

### 1.2. Zona 2: Zona alrededor de los equipos de revisión.

Se realizaron otras mediciones en diferentes lugares o posiciones en el área de trabajo correspondientes a cada una de las máquinas de inspección. Las zonas donde se realizaron estas mediciones están marcadas con puntos de color azul en la Fig. 29; en cada zona se tomaron tres mediciones a diferentes alturas con lo establecido en la norma de medición de estrés térmico. Estos datos se obtuvieron en diferentes horarios de acuerdo con la afluencia de motocicletas dentro del CDA:

- Primera medición, 1:00 pm
- Segunda medición, 1:45 pm.
- Tercera medición, 2:15 pm.

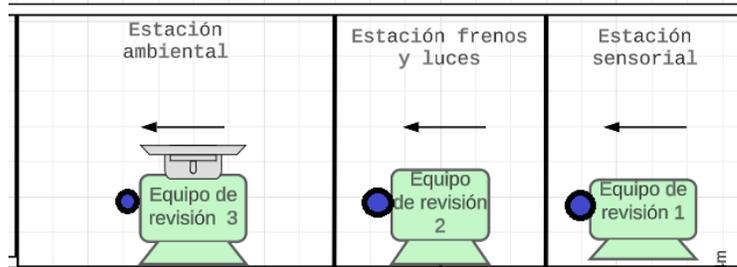


Fig. 29. Puntos de medición de los equipos de revisión. [52].

### 1.3. Zona 3: Zona de operación del trabajador.

En esta área las mediciones se realizaron en tres puntos específicos y a cada uno se les tomó datos a 3 alturas diferentes, en este caso el eje de medición fue el cuerpo del trabajador y los datos se obtuvieron a la medida de la cabeza del trabajador, a mitad de tronco y a los tobillos del trabajador, basándose en el procedimiento de medición del índice WBGT (ubicación del sensor). Las mediciones se realizaron para cada uno de los operarios en las tres estaciones principales de revisión técnico mecánica y se tomó un dato por cada ubicación del sensor. Los datos se tomaron por operario de la siguiente manera:

- Operario 1: a las 11:00 am.
- Operario 2: a las 11:30 am.
- Operario 3: a las 12:00 pm.

## 2. Configuración del equipo

El único equipo de medición utilizado para cada uno de los datos de sensación térmica fue el Sensor Extech HT30, este medidor de estrés térmico cuenta con su calibración actualizada. A continuación, se muestra imagen, ficha técnica y el certificado de calibración del sensor facilitado por la Corporación Universitaria Unicomfacauca.



Fig. 30. Sensor de estrés térmico Extech HT30 y certificado de calibración. [63]

TABLA XIV

Especificaciones generales del medidor de estrés térmico Extech HT30.

|   |  |
|---|--|
| <b>Humedad relativa</b>                             | 0 a 100 %                              |
| <b>Precisión básica de humedad relativa</b>         | ±3%                                    |
| <b>Temperatura (aire)</b>                           | 32 a 122 °F (0 a 50 °C)                |
| <b>Temperatura del globo de bulbo húmedo (WBGT)</b> | 32 a 122 °F (0 a 50 °C)                |
| <b>Temperatura del globo negro (TG)</b>             | 32 a 176 °F (0 a 80°C)                 |
| <b>Alimentación</b>                                 | 2 baterías AAA (1,5V)                  |
| <b>Certificaciones</b>                              | CE                                     |
| <b>Dimensiones</b>                                  | 10 x 1,9 x 1,1" (254 x 48,7 x 29,4 mm) |
| <b>Peso</b>   | 4,8 oz (136 g)                         |

Nota: Descripción de las características físicas y de funcionamiento del sensor de estrés térmico. [32].

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS ALCANZADOS Y DISCUSIÓN DE LOS MISMOS

#### 1. RECOPIACION Y ANALISIS DE DATOS

##### 1.1. DATOS OBTENIDOS DE ÍNDICE WBGT

Los datos de las mediciones que se obtuvieron en las franjas horarias descritas en el anterior capítulo, se presentan en la tabla XV denominada Valores de temperatura para cada una de las zonas de trabajo en el CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S.

##### 1.1.1. Valores de temperatura en la zona 1, en la estación Pre-Revisión y post revisión.

Con observación directa se determinaron puntos de mayor flujo de motocicletas en el área de ingreso a la revisión que es el área pre-revisión y en el área de salida que es el área de post revisión. Fueron seis puntos elegidos al azar y se tomó un dato por cada uno.

Estos datos se pueden identificar en la tabla XV por su denominación con la letra A y su enumeración del 1 al 6.

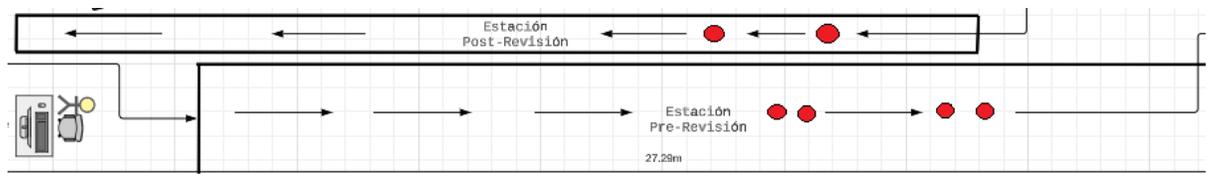


Fig. 31. Puntos de medición de la zona 1. [52]

##### 1.1.2. Valores de temperatura en la zona 2, en diferentes lugares alrededor de los equipos de medición

La segunda zona de medición se determinó a partir del funcionamiento de los equipos, es por esto que se establecieron tres zonas de medición. Los tres puntos que están marcados de color azul en la Fig. 32. fue exactamente donde se ubicó el sensor y se realizó la toma de datos.

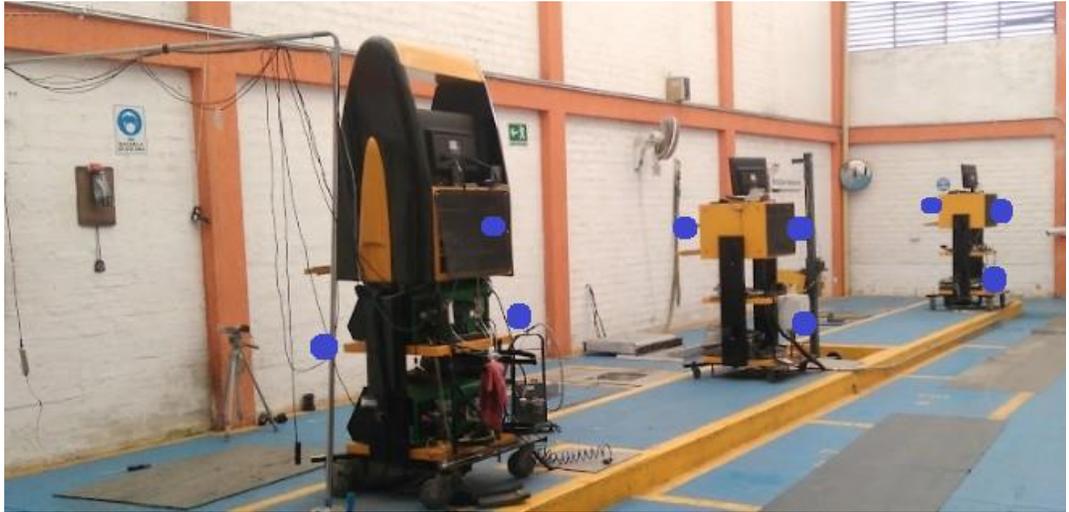


Fig. 32. Puntos de medición de la zona 2. [53].

Los valores tomados en esta zona se denominarán con la letra B y se enumeran del 1 al 3, para mayor comprensión en la tabla XV.

### **1.1.3. Valores de temperatura en la zona 3, del operario realizando sus actividades dentro del área de trabajo.**

Se establecieron tres puntos de medición, eligiendo como eje principal el cuerpo del operario que realiza la inspección del vehículo. En la Fig. 33. se puede observar marcado con puntos amarillos los lugares donde se ubicó el sensor de estrés térmico y se tomaron las mediciones, también se logra identificar las posiciones que presentan los operarios en cada una de las estaciones de revisión.



Fig. 33. Puntos de medición de la Zona 3. [53].

Los valores tomados en esta zona se designan con la letra C y se enumeran del 1 al 3, para mayor comprensión en la tabla XV.

### 1.1.4. Valores de datos obtenidos en cada zona de trabajo.

TABLA XV

Valores de temperatura para cada una de las zonas de trabajo en el CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S.

| #  | Puntos de medición | Color zona | Hora       | ALTURA 1                  |           |                         |           | ALTURA 2                  |           |                         |           | ALTURA 3                  |           |                         |           |
|----|--------------------|------------|------------|---------------------------|-----------|-------------------------|-----------|---------------------------|-----------|-------------------------|-----------|---------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|    |                    |            |            | Temperatura Ambiente (°C) | % Humedad | Temperatura Global (°C) | WBGT (°C) | Temperatura Ambiente (°C) | % Humedad | Temperatura Global (°C) | WBGT (°C) | Temperatura Ambiente (°C) | % Humedad | Temperatura Global (°C) | WBGT (°C) |
| 1  | A1                 | ●          | 10:30 a.m. | 23                        | 53%       | 23,3                    | 22        | 23,4                      | 53,00%    | 23,8                    | 22,9      | 24,5                      | 57,70%    | 24,7                    | 24,1      |
| 2  | A2                 | ●          | 11:20 a.m. | 23,3                      | 53,60%    | 23,9                    | 22,4      | 23,5                      | 53,50%    | 23,6                    | 22,7      | 23,6                      | 55,00%    | 23,7                    | 22,7      |
| 3  | A3                 | ●          | 12:20 p.m. | 23,2                      | 53,60%    | 23,8                    | 22,3      | 23,2                      | 53,60%    | 23,6                    | 22,7      | 23,7                      | 56,60%    | 24                      | 19,6      |
| 4  | A4                 | ●          | 12:40 p.m. | 24,7                      | 53,20%    | 24,9                    | 23,2      | 24,5                      | 53,20%    | 24,6                    | 23,4      | 23,7                      | 56,40%    | 24                      | 19,7      |
| 5  | A5                 | ●          | 3:00 p.m.  | 23,6                      | 53,90%    | 24                      | 23        | 23,9                      | 53,30%    | 24                      | 23        | 24,1                      | 56,90%    | 24,3                    | 20,2      |
| 6  | A6                 | ●          | 3:30 p.m.  | 24                        | 55,00%    | 24,2                    | 23,1      | 23,6                      | 53,30%    | 23,9                    | 22,4      | 24                        | 57,00%    | 24,2                    | 20,1      |
| 7  | B1                 | ●          | 1:00 p.m.  | 31,4                      | 49,00%    | 30,8                    | 30        | 31                        | 48,90%    | 30                      | 30,4      | 31,3                      | 48,90%    | 30                      | 30,4      |
| 8  | B2                 | ●          | 1:45 p.m.  | 32,7                      | 48,50%    | 31,3                    | 30,2      | 32                        | 48%       | 30,7                    | 29,3      | 31,9                      | 48%       | 30,7                    | 29,3      |
| 9  | B3                 | ●          | 2:15 p.m.  | 32,5                      | 48,00%    | 31                      | 30,6      | 32                        | 48%       | 30,7                    | 29,3      | 32                        | 48%       | 30,7                    | 29,3      |
| 10 | C1                 | ●          | 11:00 a.m. | 28                        | 50,00%    | 25,4                    | 24,3      | 28,3                      | 50,40%    | 26                      | 25        | 28                        | 50,00%    | 25,4                    | 24,3      |
| 11 | C2                 | ●          | 11:30 a.m. | 29                        | 49%       | 26,9                    | 25        | 27,7                      | 50,60%    | 25                      | 24,2      | 29                        | 49%       | 26,9                    | 25        |
| 12 | C3                 | ●          | 12:00 a.m. | 29,6                      | 49%       | 27,8                    | 26        | 29,8                      | 49%       | 28                      | 24        | 29,6                      | 49%       | 27,8                    | 26        |

Nota: cada uno de los valores fueron medidos con el sensor EXTECH HT30 en dos días diferentes y en horario de mañana y tarde según el flujo de motocicletas en la línea de revisión. [56].

## 1.2. Análisis de datos WBGT

Anteriormente al argumentar la problemática se mencionó que, al recoger datos cualitativos bajo una encuesta a los operarios, el personal señala tener molestias generadas por calor y la falta de aire dentro del área operativa del CDA, sin embargo, se realizó el estudio cuantitativo para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto y obtener mayor soporte para el estudio; para esto se tomaron como indicadores, la temperatura del aire, la humedad relativa y el índice WBGT, que se han obtenido bajo el uso del sensor de estrés térmico EXTECH HT30 de la corporación universitaria Unicomfaucauca.

Al obtener los datos necesarios dentro de las zonas de trabajo del CDA (ver tabla XV), es necesario realizar un análisis que nos dé respuesta a la pregunta **¿existe riesgo de estrés térmico por calor?**, para ello se analizaran paso a paso cada una de las variables anteriormente mencionadas y los puntos críticos bajo los cuales se realizó el estudio.

Inicialmente es necesario tener presente que no se hizo cálculo de datos debido a que el instrumento de recopilación de datos nos da un valor exacto para cada variable, incluyendo el índice WBGT.

### 1.2.1. Análisis de la zona 1: pre-revisión y post revisión

TABLA XVI

Valores de las mediciones realizadas en la Zona 1

| PUNTO / OPERARIO | HORA       | INDICE WBGT |          |          |
|------------------|------------|-------------|----------|----------|
|                  |            | ALTURA 1    | ALTURA 2 | ALTURA 3 |
| A1               | 10:30 a.m. | 22          | 22,9     | 24,1     |
| A2               | 11:20 a.m. | 22,4        | 22,7     | 22,7     |
| A3               | 12:20 p.m. | 22,3        | 22,7     | 19,6     |
| A4               | 12:40 p.m. | 23,2        | 23,4     | 19,7     |
| A5               | 3:00 p.m.  | 23          | 23       | 20,2     |
| A6               | 3:30 p.m.  | 23,1        | 22,4     | 20,1     |

Nota: Clasificación de datos tomados del índice WBGT para la zona 1. [56].

Los datos fueron tomados el día 1 de las pruebas de inspección. En la tabla XVI se clasificó el índice WBGT para cada uno de los puntos críticos en las estaciones de pre-revisión y post-revisión con respecto a la clasificación de análisis determinada, y para eso se concluyó lo siguiente:

- El clima para Popayán el día de la toma de datos estuvo mínima, siendo la mayor temperatura ambiente 24,7°C.
- Se puede observar que los horarios varían, esto se debe al flujo de motocicletas y al tiempo que demora el operario en ejecutar la inspección al vehículo.
- Debido al clima lluvioso de la ciudad, el menor índice WBGT fue de 19,6°C.
- Se puede observar en la Fig. 34. que las temperaturas del índice WBGT para la altura 1 y la altura 2 mantienen una diferencia mínima, dado esto se concluye que los gases y el calor acumulado es más denso a la altura de la cabeza y el tronco del operario.

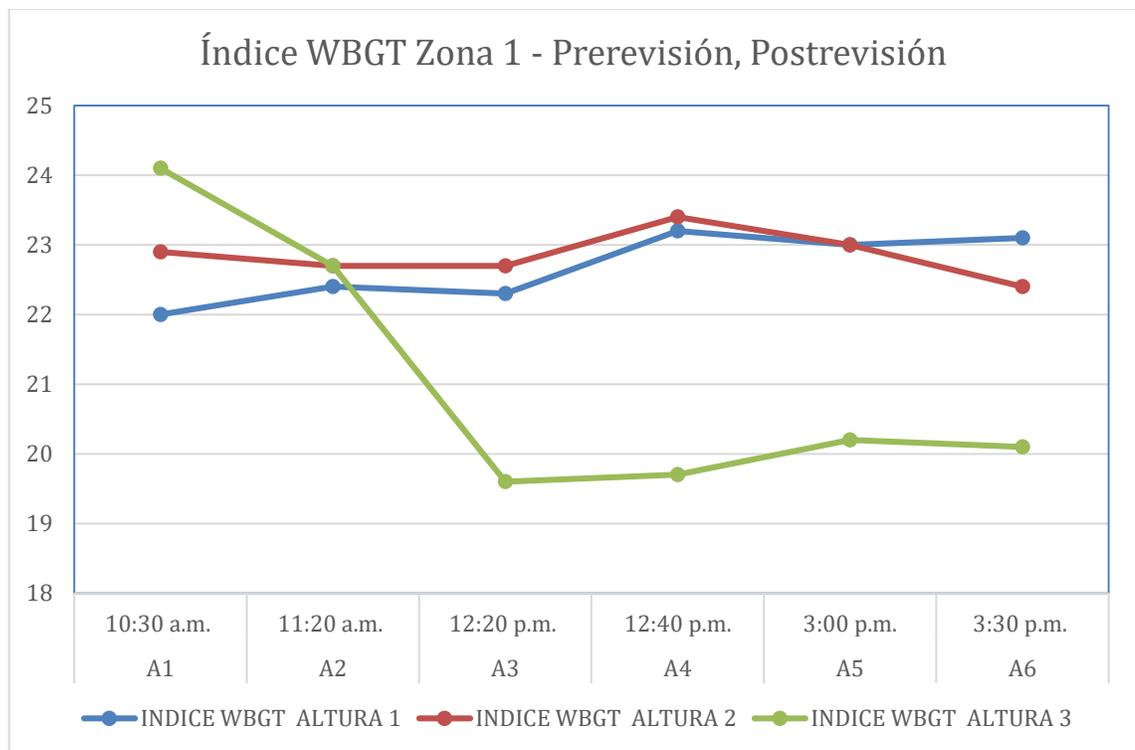


Fig. 34. Valores de las mediciones realizadas en la zona 1. [52]

En la Fig. 34. se observa con mayor facilidad la incidencia de las temperaturas con el cambio de horario y a la medida del cuerpo del individuo. Pero, ¿A qué se debe el incremento y la disminución en determinados horarios y puntos específicos?

Como se mencionó capítulos atrás, el CDA presta sus servicios de acuerdo a la llegada o flujo de motocicletas para la revisión técnico mecánica, su línea de revisión no es constante y el clima de la ciudad es bastante cambiante, estos factores provocan que las temperaturas dentro de la zona de inspección presenten una sensación térmica bastante irregular, incrementando y disminuyendo hasta tal punto que afecta a los operarios, porque no existen equipos de regulación de temperaturas dentro de las instalaciones.

### 1.2.2. Análisis de la zona 2: medición alrededor del equipo o herramienta de trabajo.

TABLA XVII

Datos de las mediciones de la Zona 2.

| PUNTO | HORA      | ALTURA 1                  |            | ALTURA 2                  |            | ALTURA 3                  |            |
|-------|-----------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|
|       |           | Temperatura Ambiente (°C) | WBG T (°C) | Temperatura Ambiente (°C) | WBG T (°C) | Temperatura Ambiente (°C) | WBG T (°C) |
| B1    | 1:00 p.m. | 31,4                      | 30         | 31                        | 30,4       | 31,3                      | 30,4       |
| B2    | 1:45 p.m. | 32,7                      | 30,2       | 32                        | 29,3       | 31,9                      | 29,3       |
| B3    | 2:15 p.m. | 32,5                      | 30,6       | 32                        | 29,3       | 32                        | 29,3       |

Nota: Clasificación de los datos tomados de temperatura ambiente y el índice WBGT. [56].

En la tabla XVII podemos observar las mediciones adquiridas con el sensor térmico del índice WBGT para los puntos críticos teniendo como eje central los equipos de inspección técnica y se llegó a concluir lo siguiente:

- Las mediciones se realizaron el día 2 de la toma de datos, es por esto que se puede observar el aumento de temperatura a diferencia del día 1.
- Los horarios de toma de datos varían de acuerdo con el número de vehículos que llegan para realizarles la inspección.

- A diferencia de la zona 1, las temperaturas de esta zona aumentaron y por lo tanto el valor WBGT aumentó, la mayor temperatura ambiente alcanzó 32,7°C.
- El mayor índice WBGT alcanzó un valor de 30,6°C a la altura 1 en relación con el equipo de trabajo.

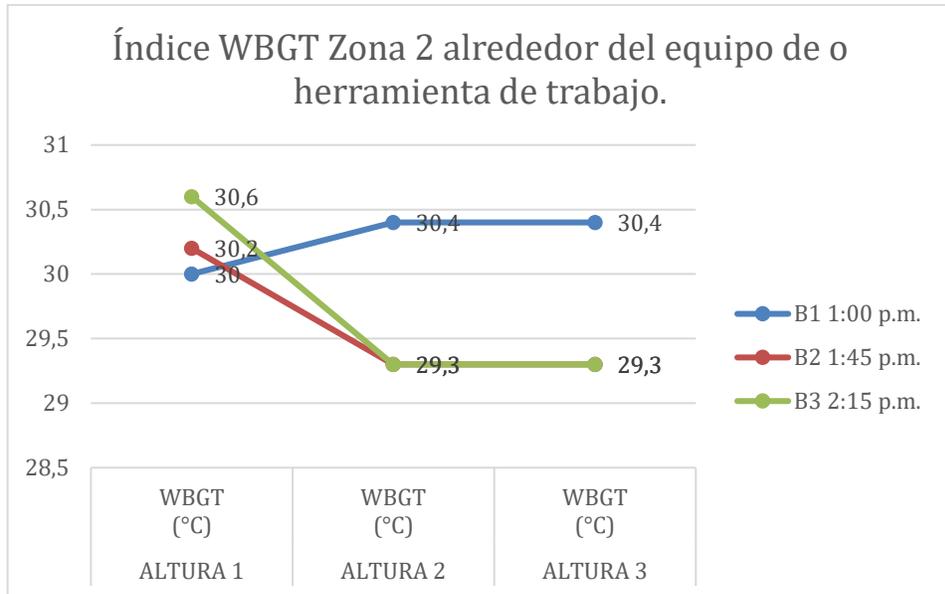


Fig. 35. Valores de las mediciones realizadas en la zona 2. [52]

La Fig. 35. se organizó de acuerdo a las zonas de medición y ubicación del sensor de estrés térmico, es posible observar que a la altura 1 (a la cabeza del operario, que en este caso sería a la altura del equipo), la temperatura alcanza un nivel WBGT de 30,6°C, siendo este valor el más alto obtenido bajo la investigación, siendo seguido por un valor de 30,4°C a la altura del tronco y altura de los tobillos.

¿A qué se debe el aumento de la temperatura en la zona 2? Esta temperatura se debe a la zona horaria, el clima y la cantidad de motocicletas que estaban en la línea de revisión, en la tabla XVII se puede observar que la temperatura ambiente del lugar para la 1:45pm era de 32,7°C y en la línea estaba copada con 3 motos de diferentes cilindrajes para la revisión técnico mecánica y en la estación de pre-revisión se encontraban 3 motocicletas más esperando turno. La acumulación de

vehículos, de personas, el aumento de temperatura ambiente y los gases de las motocicletas aumentaron el nivel WBGT o índice de estrés térmico.

### 1.2.3. Análisis de la zona 3: con relación al cuerpo del operario.

TABLA XVIII

Tabla de los datos de mediciones de la zona 3.

| PUNTO | HORA       | ALTURA 1  | ALTURA 2  | ALTURA 3  |
|-------|------------|-----------|-----------|-----------|
|       |            | WBGT (°C) | WBGT (°C) | WBGT (°C) |
| C1    | 11:00 a.m. | 24,3      | 25        | 24,3      |
| C2    | 11:30 a.m. | 25        | 24,2      | 25        |
| C3    | 12:00 p.m. | 26        | 24        | 26        |

Nota: Clasificación de datos tomados de temperatura ambiente e índice WBGT. [52].

- Los horarios fueron tomados con un intervalo de media hora cada uno
- Estos datos fueron tomados el día 2 de las mediciones, este día la temperatura del clima de la ciudad de Popayán estuvo mayor que la del día 1, en la tabla XVIII se observa que a las 12 del medio día el clima alcanzó un índice de estrés térmico de 26°C, teniendo en cuenta que no existía mucho flujo de motocicletas en la línea de inspección.

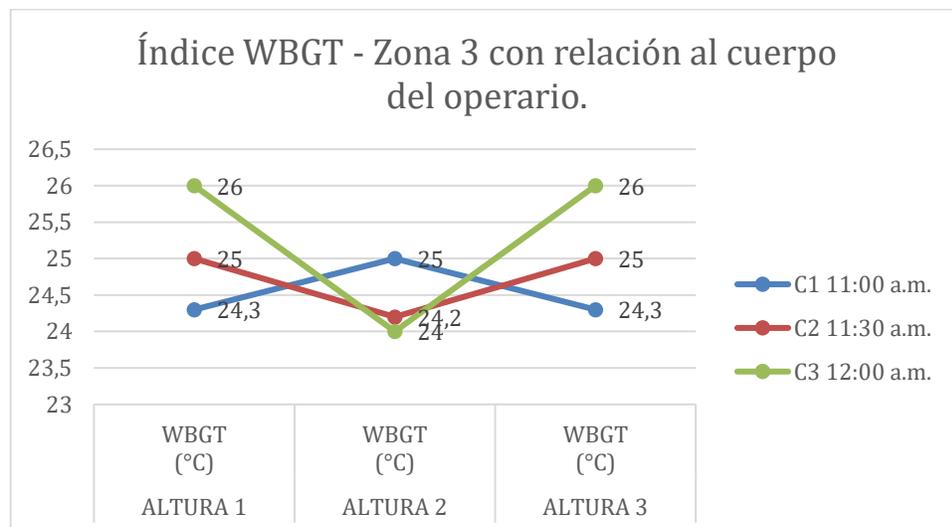


Fig. 36. Valores de las mediciones realizadas en la zona 3. [52].

Los valores para esta zona fueron organizados de acuerdo a la altura, en la Fig. 36, se puede observar como el grado de sensación de estrés térmico cambia de acuerdo a la hora en la que fue tomada la medición y los resultados son menores que en la anterior zona, pero nuevamente son bastante variables, en este caso por observación directa se llegó a la conclusión que se debe al número de motocicletas ingresadas. Pero, ¿porque las temperaturas en estas zonas fueron menores? Es cierto que se tienen menos vehículos en funcionamiento en esta zona, por lo tanto, disminuye la radiación de los equipos de revisión y el flujo de personal, cambiando el nivel de temperatura y por ende el índice de estrés térmico.

Para continuar con los cálculos de índice WBGT, se tomará como referencia los valores más altos alcanzados en las mediciones; estos serían de 30,6°C y 30,4°C, presentados a la 1:00 p.m. y 2:15 pm respectivamente, en las estaciones sensorial y ambiental.

### **1.3. Cálculos del consumo metabólico**

Existen diferentes métodos para calcular el consumo metabólico o estimación del metabolismo energético del operario, es con este índice que se mide el gasto energético muscular que experimenta el trabajador cuando desarrolla una tarea y se puede determinar en función de las actividades que ejecutan.

El área de revisión e inspección cuenta con 4 personas que realizan los procedimientos, el consumo metabólico se lo determinará para dos de estos cuatro operarios y se realizará bajo el método que determina la norma ISO 8996, que se mencionó en el capítulo 1 numeral 2.10.3 “*metodología de medición de consumo metabólico*” [29]. Este tipo de método dispone por separado variables como la edad, sexo, componente postural, componente de tipo de trabajo y componente del movimiento, para finalmente realizar la estimación del consumo metabólico con valores determinados a través de tablas y se comprará finalmente con el índice WBGT para la determinación de resultados.

A continuación, se observan en la tabla XIX los datos fisiológicos y característicos de los operarios (estos datos fueron facilitados por los operarios).

TABLA XIX  
Características fisiológicas del operario

| <b>Características del operario</b> |                                |                         |                      |               |                        |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------|------------------------|
| <b>Nombre</b>                       | <b>Actividad</b>               | <b>Estatura<br/>(m)</b> | <b>Peso<br/>(kg)</b> | <b>Género</b> | <b>Edad<br/>(años)</b> |
| Andrés<br>Calderón                  | Operario estación<br>sensorial | 1.75                    | 89                   | M             | 37                     |
| Erwind<br>Vargas                    | Operario estación<br>ambiental | 1.66                    | 87                   | M             | 34                     |

Nota: datos del operario elegido. [52].

De acuerdo con las tablas de la norma ISO 8996 [29], el metabolismo para la postura corporal del operario es el que se muestra en la tabla XX.

TABLA XX  
Valor del metabolismo según la posición del cuerpo

| <b>Metabolismo según las componentes postural</b> |                            |  |
|---|----------------------------|--|
| <b>Actividad</b>                                  | <b>Posición del cuerpo</b> | <b>Metabolismo<br/>(W/m<sup>2</sup>)</b> |
| Operario estación<br>sensorial                    | De pie                     | 25                                       |
| Operario estación<br>ambiental                    | De pie inclinado           | 30                                       |

Nota: calificación del metabolismo según la posición del cuerpo mediante la metodología de consumo metabólico. [29], [52].

Los datos de la tabla XIX nos sirven para el cálculo del metabolismo basal. El metabolismo basal es la cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales estando en reposo [64]. En la tabla XXI se puede observar el valor de metabolismo basal.

TABLA XXI  
Cálculo del metabolismo basal

| <b>Metabolismo basal</b>    |               |                    |  |
|-----------------------------|---------------|--------------------|--|
| <b>Actividad</b>            | <b>Género</b> | <b>Edad (años)</b> | <b>Metabolismo basal (Wattios/m<sup>2</sup>)</b> |
| Operario estación sensorial | M             | 37                 | 44,869   |
| Operario estación ambiental | M             | 34                 | 45,634   |

Nota: calificación del metabolismo basal según la edad mediante la metodología de consumo metabólico. [29], [52].

También se calcula el metabolismo según el tipo de trabajo, el valor se muestra en la tabla XXII.

TABLA XXII  
Valor del metabolismo según el tipo de trabajo

| <b>Metabolismo según el tipo de trabajo</b> |                            |  |
|---|----------------------------|--|
| <b>Actividad</b>                            | <b>Posición del cuerpo</b> | <b>Metabolismo (Wattios/m<sup>2</sup>)</b> |
| Operario estación sensorial                 | Con los dos brazos         | 85   |
| Operario estación ambiental                 | Con las manos              | 40   |

Nota: calificación del metabolismo según el tipo de trabajo mediante la metodología de consumo metabólico. [29], [52].

El metabolismo para la componente de desplazamiento se ha considerado que para todos los operarios es de  $0 \text{ Watios}/m^2$ , debido a que los operarios no realizan ningún movimiento a la hora de realizar sus actividades, únicamente se desplazan en su lugar de trabajo, el cual es muy pequeño.

Finalmente, en la tabla XXIII se muestran cada uno de los consumos metabólicos calculados según la norma ISO 8996, es necesario aclarar que este dato se obtiene de la suma de cada valor obtenido mediante las tablas del consumo metabólico para cada característica diferente, los cuales fueron mencionados en las tablas XX, XXI y XXII.

TABLA XXIII

Consumo metabólico a partir del método de los componentes de la actividad

| Actividad                   | Edad (años) | Sexo | Postura          | Tipo de trabajo    | Metabolismo basal (W/m <sup>2</sup> ) ISO 8996 | Metabolismo según el componente de postura. (W/m <sup>2</sup> ) ISO 8996 | Componente tipo de trabajo. (W/m <sup>2</sup> ) ISO 8996 | Componente movimiento. (W/m <sup>2</sup> ) ISO 8996 | Consumo metabólico. (W/m <sup>2</sup> ) ISO 8996 |
|-----------------------------|-------------|------|------------------|--------------------|--|--|--|---|--|
| Operario estación sensorial | 37          | M    | De pie           | Con los dos brazos | 44,869   | 25   | 85   | 0   | 154.869  |
| Operario estación ambiental | 34          | M    | De pie inclinado | Con las manos      | 45,634   | 30   | 40   | 0   | 115,634  |

Nota: el consumo metabólico es hallado a partir de la suma de cada valor adquirido de las tablas de la norma ISO 8996 y que clasifica de acuerdo con las características fisiológicas del operario. [52], [29].

#### 1.4. Cálculo del índice WBGT límite

Los valores o criterios de referencia del índice WBGT vienen recogidos en la tabla XXIV. Estos valores límite pueden variar ligeramente si la persona no está aclimatada o si la velocidad del aire no es 0 y el consumo metabólico es alto.

TABLA XXIV

Valores límites de referencia del índice WBGT según ISO 7243

| Consumo metabólico (kcal/h) | WBGT límite (°C)   |                    |                       |                    |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                             | Persona aclimatada |                    | Persona no aclimatada |                    |
|                             | Velocidad aire = 0 | Velocidad aire ≠ 0 | Velocidad aire = 0    | Velocidad aire ≠ 0 |
| ≤ 100                       | 33                 | 33                 | 32                    | 32                 |
| 100 – 200                   | 30                 | 30                 | 29                    | 29                 |
| 200 – 310                   | 28                 | 28                 | 26                    | 26                 |
| 310 – 400                   | 25                 | 26                 | 22                    | 23                 |
| >400                        | 23                 | 25                 | 18                    | 20                 |

Nota: los valores de la tabla son en referencia al consumo metabólico. [37]

Cuando los valores de un estudio son mayores a los de referencia que se presentan en esta tabla se puede concluir que se está expuesto a riesgo de estrés térmico.

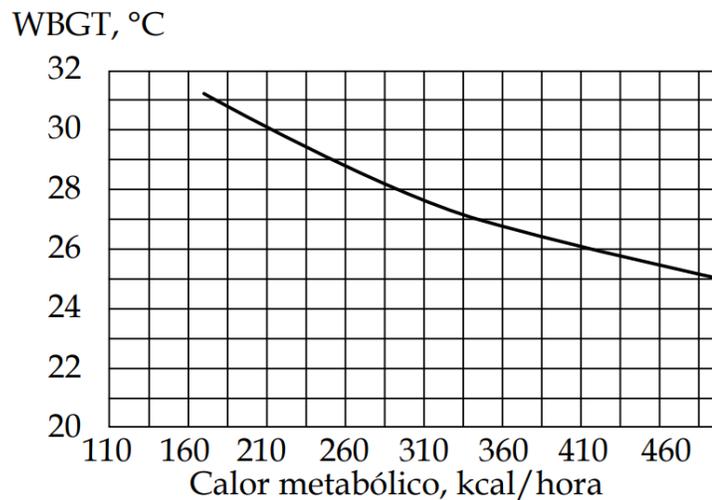


Fig. 37. Valores permisibles de WBGT según ISO 7243. [17]

Otra manera de determinar si existe riesgo de estrés térmico es cuando los valores determinados en el espacio de índice de calor sobrepasan la línea establecida en la Fig. 37. Valores permisibles de WBGT según ISO 7243, es ahí donde se concluye que existe riesgo de estrés térmico.

### 1.5. Análisis de datos finales

Como se mencionó anteriormente, la medición WBGT bajo el cual se realizará la comparación de datos se obtuvo de la búsqueda de los índices de mayor valor de calor térmico WBGT, siendo estos 30,6°C y 30,4°C datos que se pueden verificar en la tabla XVII - datos de las mediciones de la zona 2.

En las tablas XXV y XXVI se realiza una comparación del valor límite establecido por la norma ISO 7243, en relación con la medición obtenida bajo el uso del sensor de estrés térmico.

TABLA XXV

Comparación de datos finales

| <b>Rango de Consumo metabólico (W/m<sup>2</sup>) –ISO 8996</b> | <b>Consumo metabólico. (W/m<sup>2</sup>) –ISO 8996</b> | <b>Límite WBGT °C Persona aclimatada/Velocidad aire =0</b> | <b>Valor índice WBGT</b> |
|--|--|--|--------------------------|
| 100-200  | 154.869  | 30   | 30,6°C                   |

Nota: valores obtenidos en el estudio de cálculo WBGT. [52]

TABLA XXVI

| <b>Rango de Consumo metabólico. (W/m<sup>2</sup>) –ISO 8996</b> | <b>Consumo metabólico. (W/m<sup>2</sup>) –ISO 8996</b> | <b>Límite WBGT °C Persona no aclimatada/Velocidad aire =0</b> | <b>Valor índice WBGT</b> |
|---|--|---|--------------------------|
| 100-200   | 115,634  | 29  | 30,4°C                   |

Nota: valores obtenidos en el estudio de cálculo WBGT. [52]

Los valores obtenidos en el estudio realizado superan el límite WBGT, por lo tanto, se concluye que en el área de producción (revisión e inspección técnico-mecánica) si se está alcanzando temperaturas que ponen en riesgo de estrés térmico la salud de los operarios que realizan las actividades.

Para la valoración del riesgo, se aplicó la fórmula para hallar el grado de riesgo, que es la relación entre la carga térmica soportada en WBGT y la carga máxima que puede soportar el trabajador. Si el valor resultante es igual o mayor a 1 indica que existe riesgo por estrés térmico y si el valor resultante es menor a 1 se concluye que no existe dicho riesgo. [65].

$$\text{Grado de riesgo} = \frac{\text{Carga térmica soportada WBGT}}{\text{Carga máxima que puede soportar el trabajador}}$$
$$\text{Grado de riesgo} = \frac{30,6}{30} = 1.02$$

Al obtener el resultado  $\geq 1$  se concluye que existe riesgo de estrés térmico en el área de trabajo de inspección y revisión técnico-mecánica, la evaluación de estrés térmico por medio de la metodología del índice WBGT da como resultado que el trabajador se encuentra sobre expuesto a altas temperaturas y se debe valorar el riesgo de estrés térmico por ambientes calurosos en esta área de trabajo.

En la tabla XXVII se puede observar un resumen final y la comparación de los valores hallados bajo los cuales se realizaron las conclusiones que establecieron el grado de estrés térmico dentro del CDA DIAGNOSTIMOTOS.

TABLA XXVII

Resumen de datos de estrés térmico en el CDA DIAGNOSTIMOTOS

| Actividad del operario     | Límite WBGT °C | Valor índice WBGT | WBGT hallado >WBGT límite | Grado de riesgo   |
|----------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|---|
| Técnico estación sensorial | 30             | 30,6°C            | SI                        | SI, el trabajador se encuentra sobreexpuesto a altas temperaturas |
| Técnico estación sensorial | 29             | 30,4°C            | SI                        | SI, el trabajador se encuentra sobreexpuesto a altas temperaturas |

Nota: comparación de los valores límite de estrés térmico en el CDA DIAGNOSTIMOTOS y el índice WBGT. [52].

## 2. ESTRATEGÍAS DE MEJORA

### 2.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

La permanencia dentro del ambiente laboral no debería ser causa de ningún tipo de exposición a riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, ni constituir una fuente de incomodidad o molestia para los mismos. Por ello, se deben implementar medidas para evitar las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, la irradiación excesiva y la radiación solar a través de ventanas, luces, muros o paredes.

En búsqueda del mejoramiento continuo de la empresa CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S se ha realizado el actual estudio de control de estrés térmico en el área afectada, es por esto que es necesario dar cumplimiento al último objetivo específico de la investigación. El contenido de este objetivo brindará el diseño de estrategias de mejoramiento como sistemas de ventilación y extracción que minimicen el nivel de riesgo de estrés térmico que bajo el estudio se ha demostrado que se está presentando dentro del área técnica y operativa del CDA.

El objetivo de mejoramiento es disminuir la temperatura y aumentar la entrada de viento dentro del área técnica y operativa del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S., para que el calor no se acumule y de igual manera los gases puedan circular mejor. A continuación, se darán a conocer las estrategias que se han planteado para la implementación dentro de la infraestructura y así mejorar las condiciones de trabajo de los operarios.

#### 2.1.1. MEDIDAS A APLICAR SOBRE EL MEDIO

La transferencia de calor puede generarse de diferentes maneras, puede ser de un objeto o de un cuerpo a otro y se denominan **calor convectivo** y **radiación térmica** [66], los cuales son aplicables al objetivo de esta investigación y para las cuales se deben adoptar medidas para controlar la propagación de calor dentro de los locales, estas son:

- Extracción localizada
- Ventilación general

### **ESTRATEGIA DE MEJORA: GENERADOR SOLAR**

Teniendo en cuenta la importancia del concepto de sustentabilidad, responsabilidad empresarial, se ha optado por el diseño de una solución de climatización que combina sistemas naturales y equipos de alta eficiencia, como lo son los generadores solares también conocidos como torres o chimeneas solares. De igual manera, el diseño de edificios, las chimeneas solares pueden reducir los costos de energía hasta en un 50% [67].

#### **Funcionamiento:**

Una chimenea solar es una cavidad alargada, pintada de negro para favorecer la absorción del calor del sol, que debe ser ubicada en el área afectada de las instalaciones (área de estaciones de revisión técnica).

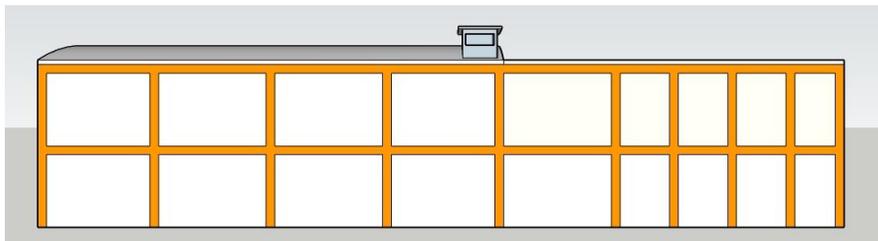


Fig. 38. Modelo de funcionamiento de chimenea solar ubicada en la infraestructura del CDA DIAGNOSTIMOTOS.

La extracción de aire de una edificación por la chimenea provoca que entre aire al interior del lugar a través de puertas y ventanas y, de esta manera se proporciona ventilación a la edificación.

La chimenea funciona como un colector solar donde los rayos solares pasan a través del vidrio opaco y calientan una placa de metal negro que está ubicada detrás del vidrio caliente; es así como la placa emite calor, pero en una frecuencia diferente a la del calor solar, por lo tanto, el calor entra pero no puede salir.

Dentro de la estructura, el aire caliente se vuelve más ligero y tiende a ascender, aspirando el aire del entorno y sustituyéndolo por el aire exterior, más puro y térmicamente más confortable.

Es muy importante que los elementos básicos como la altura y la localización del eje principal de la ventilación tengan un diseño óptimo, de igual manera las medias y los elementos aerodinámicos de los orificios de entrada y salida.

### **Arquitectura:**

De acuerdo con [68], actualmente existen diversos diseños arquitectónicos con respecto a las chimeneas o generadores solares. Sin embargo, existen tres partes imprescindibles que no deben faltar en ningún plano relacionado con esta estructura.

- **Panel solar o colector:** es la parte de la chimenea capaz de retener los rayos solares y almacenarlos. Es aquí donde el viento frío comienza a ascender en temperatura, así como a elevarse. Generalmente se encuentran hechos de vidrio y se ubican en la zona más alta del hogar.
- **Eje de ventilación:** es el tubo por donde el aire fluye de manera constante y se realiza el intercambio entre viento caliente y frío.
- **Entrada y salida de aire:** es indispensable que tenga dos orificios de ventilación, uno se ubica hacia la parte superior de la chimenea, por donde emerge el viento con mayor temperatura, mientras que el otro se encarga de recibir el aire frío desde el exterior, este último se ubica por lo general en la zona inferior del edificio.

### **Función de ventilación:**

El aire que circula en el espacio entra al eje de ventilación, donde se calienta gracias al colector. El aire caliente es menos denso que el aire frío y por lo tanto tiene un movimiento ascendente; siguiendo este principio es como el aire sale por el orificio superior de la chimenea, llegando al exterior y enfriando el espacio.

El movimiento del viento hacia arriba, por diferencia de temperatura, genera una corriente que mantiene el espacio fresco y ventilado durante todo el día, pues inmediatamente genera aire frío al espacio objeto de estudio [68].

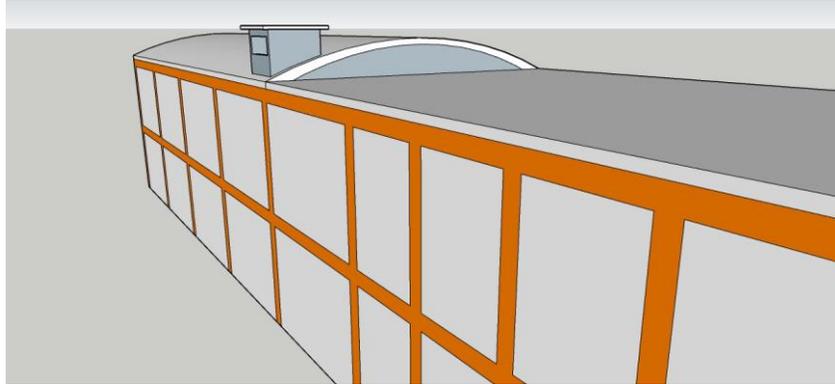


Fig. 39. Vista de chimenea solar situada por encima del techo del CDA DIAGNOSTIMOTOS.

#### **Características a tener en cuenta:**

- Generalmente, las chimeneas solares se componen de una cubierta transparente y una placa de absorción o de almacenamiento térmico separadas por una cavidad o canal de aire; en la parte trasera de la placa se dispone una capa de aislamiento para evitar pérdidas de calor.
- El ángulo de inclinación de las chimeneas solares es uno de los parámetros más analizados. Varias investigaciones reportan que una inclinación de  $45^\circ$  es óptima para obtener un máximo flujo de aire.
- La placa de absorción es comúnmente de material metálico con altos valores de emisividad y absorción, y se calienta por la porción de radiación solar transmitida por el vidrio.

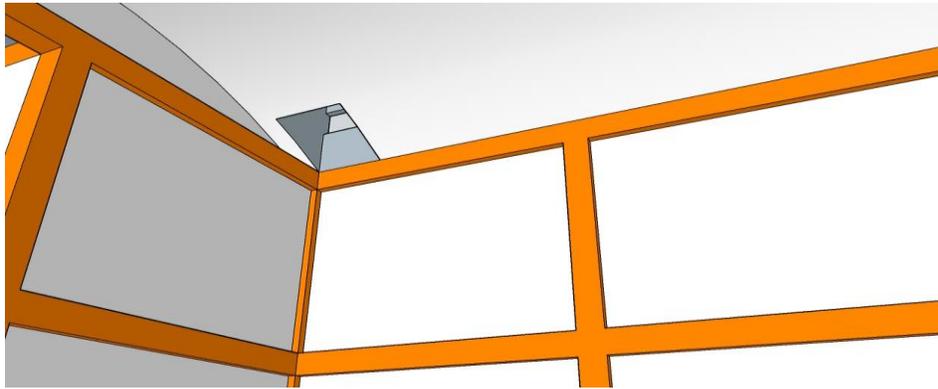


Fig. 40. Vista de chimenea solar dentro del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S.

### **ESTRATEGIA DE MEJORA: EXTRACTORES DE AIRE**

Un sistema de extracción es diseñado para la captación puntual de contaminantes, el diseño de estos varía de acuerdo a su funcionamiento y la base de este se centra en la posición del extractor, ya que debe ser ubicado en el lugar donde se genera el contaminante para evitar que se distribuya en el ambiente.

Tras conocer que los tipos de sistema de extracción de aire se clasifica de acuerdo a ciertos aspectos, para el centro diagnostico automotor se recomienda el establecimiento de dos extractores de aire con motor axial debido a que su gran potencia tiene la capacidad de mover grandes masas de aire, que en este caso disminuye el calor y filtra el volumen de aire contaminado.

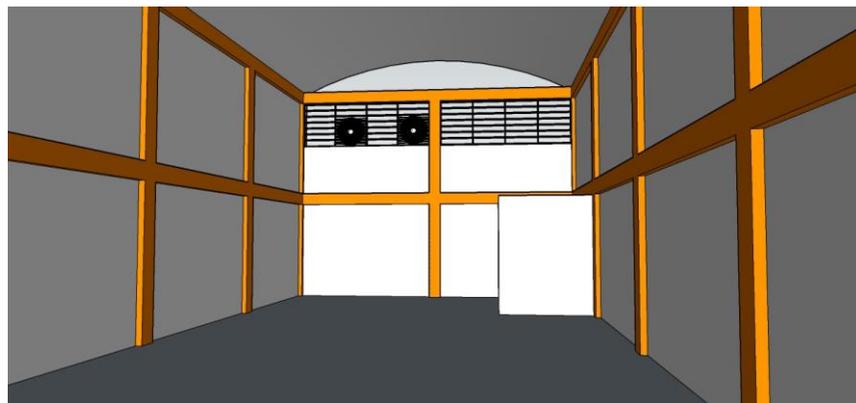


Fig. 41. Ubicación de extractores de aire con vista interior del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S.

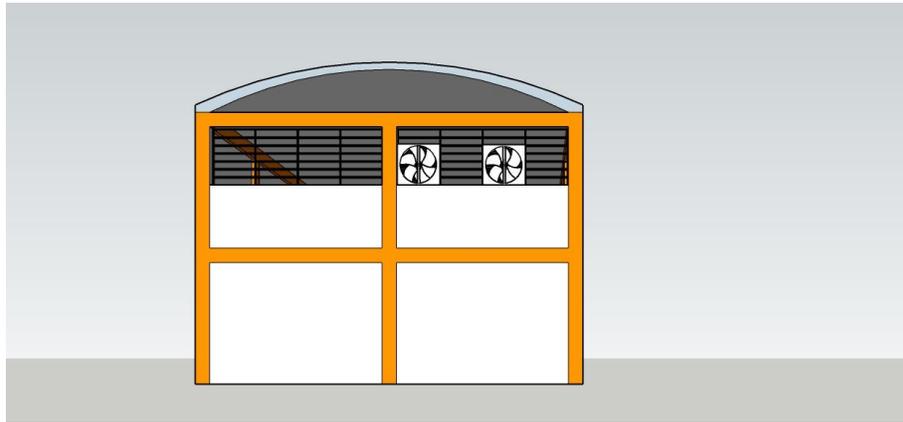


Fig. 42. Ubicación de extractores de aire con vista exterior del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S.

## **2.1.2. MEDIDAS A APLICAR SOBRE LOS INDIVIDUOS O TRABAJADORES**

### **EXPUESTOS**

Para controlar la exposición del trabajador a niveles de temperaturas altas, se tiene que actuar en diferentes factores como lo son [69]:

#### **Reducción de la producción del calor metabólico**

- se aplican estrategias en el cambio de la carga de trabajo o la distribución a lo largo de toda la jornada.

#### **Limitación de la duración de la exposición**

- Se pueden aplicar métodos como la distribución del volumen de trabajo, rotación de los trabajadores, prever los descansos en ambientes frescos con suministro de agua fresca.

#### **Creación de un microclima en el puesto de trabajo**

- Establecer corrientes de aire en el puesto de trabajo para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor.

#### **Control médico**

- Garantizar una vigilancia de la salud específica a los trabajadores expuestos a situaciones límites de calor mediante exámenes previos al ingreso y periódicos.

- Es importante reservar periodos de aclimatación en los trabajadores que ingresan a laborar realizando la inspección técnico-mecánica de las motocicletas.
- Se deben considerar previamente aquellos trabajadores que sean susceptibles al daño sistémico por el calor.

### **Información al trabajador**

- Se debe facilitar información a los trabajadores de los riesgos de sobrecarga térmica como también las cargas de trabajo y el nivel de estrés por calor, así como la necesidad de reponer las pérdidas de líquidos mediante agua y sal.
- Es importante fomentar estilos de vida sana, peso corporal ideal y el equilibrio de los electrolitos.

### **Proporcionar al trabajador ropa de trabajo adecuada y el equipo de protección personal adecuado**

Se elegirá la protección personal mediante ropas de trabajo adecuadas, que sean eficaces para el trabajo dentro del CDA. Esta vestimenta reuniera las siguientes características:

- Ser inflamables
- Impedir la entrada de calor ambiental
- Permitir la transpiración

El vestuario laboral debe proteger el cuerpo (tronco, brazos y piernas) de uno o varios peligros.

Existe una clasificación de vestuario laboral, los trabajos realizados en el centro diagnóstico automotor clasifican bajo el siguiente nivel de categoría:

#### **Categoría 1**

Es aquella ropa de trabajo de diseño sencillo pero eficaz contra riesgos mínimos, como por ejemplo las agresiones mecánicas de efectos superficiales o los agentes atmosféricos que no sean excepcionales o extremos.

Este tipo de vestuario debe cumplir la EN ISO 13688 [70], bajo la cual se especifican los requisitos generales de rendimiento para la ergonomía, la inocuidad, la designación del tamaño, el envejecimiento, la compatibilidad y el marcado de la ropa de protección.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para dar cumplimiento al objetivo general del proyecto de grado establecido como: Estudiar el estrés térmico en el área técnica y operativa del CDA DIAGNOSTIMOTOS en la ciudad de POPAYÁN CAUCA, se plantearon tres objetivos específicos, que conformaron el desarrollo de la presente investigación.

Inicialmente se realizó un diagnóstico del área técnica y operativa del CDA DIAGNOSTIMOTOS, con el fin de determinar los valores de las variables ambientales y los diferentes indicadores causantes de estrés térmico, afectando la salud y el confort laboral; bajo este planteamiento se logró identificar, zonas específicas, procesos, puntos donde el índice de calor era más alto y donde afectaba más a los operarios. Con los resultados del estudio en la zona 2 determinada medición alrededor del equipo o herramienta de trabajo se concluyó que si existía riesgo de estrés térmico dentro de las instalaciones del CDA, los índices de estrés térmico alcanzaron grados de temperatura de 30,6°C y 30,4°C en las áreas sensorial y ambiental respectivamente, siendo estos valores comparados con el valor límite establecido por la norma ISO 7243-valores permisibles de índice WBGT, que se relaciona con el cálculo del consumo metabólico para el operario y de donde se definió el valor límite de temperatura para el tipo de persona, teniendo como valores límites 29°C para una persona aclimatada y 30°C para una persona no aclimatada, siendo estos valores superados por las temperaturas alcanzadas en los procesos de revisión, llegando con esto a la conclusión de la existencia de riesgo de estrés térmico dentro del proceso de revisión técnico mecánica en las instalaciones del CDA DIAGNOSTIMOTOS.

Por otro lado fue necesario determinar la incidencia de las altas temperaturas en la salud del personal del área técnica con el fin de mitigar el estrés por calor térmico, para esto se realizó una investigación acerca de los factores individuales de riesgo, los cuales han sido determinantes dentro del riesgo de estrés térmico en una persona mediante los factores personales; de igual manera se hizo énfasis en los efectos que tiene la exposición al calor en la salud de los operarios y enfocó la

investigación en el conocimiento de las enfermedades relacionadas con el calor, todo esto con el fin de informar la importancia del ambiente térmico dentro de las instalaciones de la empresa. Inicialmente se lo realizó para que los operarios y administrativos del CDA conozcan las causas y consecuencias que tiene la no identificación de ambientes calurosos y por supuesto para determinar el nivel de discomfort del personal, que como objetivo del proyecto era necesario determinar el grado de riesgo y con esto establecer los controles de ingeniería posibles.

Siendo consecuentes con los resultados del nivel de estrés térmico (índice WBGT>30°C) y las manifestaciones que realizaron los operarios en cuanto a la sensación de calor dentro del CDA, fue necesario dar cumplimiento al último objetivo que se definió como: proponer métodos de ventilación y/o extracción como estrategias de mejora para disminuir el riesgo de estrés térmico dentro del CDA DIAGNOSTIMOTOS, para esto se realizó un establecimiento de controles de ingeniería como medidas de prevención y protección, donde se estableció como estrategia de mejora el diseño de un generador solar o chimenea solar que permitiera la circulación del aire acumulado y la ubicación se hizo conforme a los resultados del estudio, al conocer el área donde el índice de estrés térmico era mayor. La segunda estrategia fue la implementación de extractores de aire, que su diseño es funcional para mover las masas de aire, disminuyendo el calor y filtrando el volumen de aire contaminado.

Finalmente, para concluir la investigación se da respuesta a la pregunta planteada como problema de investigación: ¿Existe riesgo de estrés térmico que afecte la salud y la seguridad del personal que labora dentro de las instalaciones del CDA DIAGNOSTIMOTOS S.A.S ubicado en la Ciudad de Popayán Cauca?, a la cual se responde lo siguiente: Si Existe riesgo de estrés térmico, siendo este comprobado con el sensor de estrés térmico EXTECH HT30, y tomando las mediciones en días donde la temperatura no era la máxima para las sensaciones térmicas que presenta actualmente la ciudad de Popayán Cauca; entonces, cabe concluir que el personal necesita de la implementación de las estrategias de mejora, porque día a día el

calentamiento es mayor y las actividades en el Centro Diagnostico Automotor aumentan, poniendo en riesgo la salud de las personas que laboran o que en futuro ingresaran como personal nuevo a esta empresa u organización.

## REFERENCIAS

- [1] OMS, 2023. [En línea] Disponible: <https://www.who.int/es/about/frequently-asked-questions> [Último acceso: 2023].
- [2] Cújar Vertel y Julio Espitia , "Evaluación de las condiciones térmicas ambientales del área de producción en una panadería en Cereté (Córdoba), Cereté, Córdoba" 2015.
- [3] Ararat Herrera, Castellon, Tapia Barrera y Villadiego Novoa, 23 02 2015. [En línea]. Disponible: <http://revistas.fuac.edu.co/index.php/clepsidra/article/view/451/435>.
- [4] Roque Ávila, Martínez García, Baques Merino, Rodríguez Betancourt, López Doval Claudia, Saez Larrondo y González García , "Estrés térmico, salud y confort", 2016.
- [5] OPS, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.paho.org/es/campanas/eventos-meteorologicosextremos#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20al%20calor%20puede,a%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20co%C3%A1gulos>.
- [6] Sánchez Stérling, "El estrés térmico laboral: ¿Un nuevo riesgo con incidencia creciente?", Disponible: *Revista Colombiana de Salud Ocupacional* , pp. 5-10, 2015.
- [7] Gagliardi, "la moto", 24-01-2021. [En línea]. Disponible: <https://lamoto.com.ar/colombia/motos-salen-de-circulacion-colombia/>.
- [8] Londoño R, 1-08-2019. [En línea]. Disponible: <https://publimotos.com/normatividad/que-es-la-euro-3-descubramoslo/#:~:text=Veamos%20%C2%BFqu%C3%A9%20es%2>.
- [9] Paola, 2019, [En línea], Disponible: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/503263b6-69f3-4c9b-9bf0-0bb7b5ef49b9/content>.
- [10] Valencia, "Exposición laboral a estrés térmico por calor y sus efectos en la salud ¿Qué hay que saber?", España, 2017.
- [11] ISTAS, "*Exposición laboral a estrés térmico por calor y sus efectos en la salud*", España, 2017.

- [12] Motopoliza, 05-02-2015. [En línea], Disponible: <https://www.motopoliza.com/motos/las-motos-y-el-medio-ambiente/>.
- [13] FIN/VC/LOF, 2017, [En línea], Disponible: <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/motos-las-que-mas-producen-emisiones-de-co2>. [Último acceso: 2023].
- [14] Asociación Nacional de Centros Diagnostico Automotor, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.aso-cda.org/wp-content/uploads/2019/03/SISTEMA-Y-ESQUEM>. [Último acceso: 2023].
- [15] Flores, "Universidad del Pacifico-Guayaquil", 2021, [En línea] Disponible: [https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/bitstream/123456789/343/1/MSSO\\_UP\\_AC\\_27996.pdf](https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/bitstream/123456789/343/1/MSSO_UP_AC_27996.pdf).
- [16] Vargas Silva, 2020, [En línea], Disponible: [https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4562/Ann\\_y\\_Tesis\\_maestr%c3%ada\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4562/Ann_y_Tesis_maestr%c3%ada_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 2023].
- [17] Ararat Herrera, Cavadia Castellon, Tapia Barrera y Villadiego Novoa, 2014, [En línea]. Available: <http://revistas.fuac.edu.co/index.php/clepsidra/article/view/451>.
- [18] Gomez Rodriguez y Ruiz Lopez, "Google Academico", 2017, [En línea], Available: <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae329946-9f16-4fa1-8ebc-0858a8d15379/content>.
- [19] G. G. S, "https://repositorio.uniandes.edu.co/", 2015, [En línea], Disponible: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19016/u729562.p>. [Último acceso: 2023].
- [20] E. D. A. Equipo editorial, 14-07-2022, [En línea], Disponible: <https://concepto.de/salud-ocupacional/>.
- [21] Rosina Gammarano, "ILOSTAT", 2023, [En línea], Disponible: <https://ilostat.ilo.org/es/100-statistics-on-the-ilo-and-the-labour-market/#:~:te>.
- [22] L. G. Ávila, "Condiciones de Trabajo, Riesgo y Salud Ambiental", Fundación Universitaria del Área Andina , 2017.
- [23] E. P.R, "Salud Ambiental y Ocupacional", "*Curso de Gestión Local de salud para técnicos de primer nivel de atención*", p. 23, 2004.

- [24] E. Monroy Marti y P. Luna Mendaza, "Estrés térmico y sobrecarga térmica: Evaluación de riesgos (I)", Centro Nacional de condiciones de trabajo, 2011.
- [25] UNE, 25-10-2006, [En línea], Disponible: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0037517>.
- [26] P. A. P. d. Ciriza, "Evaluación del Bienestar térmico en locales de trabajo cerrados mediante los índices termicos PMV y PPD".
- [27] P. L. Mendoza, "NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico", España.
- [28] Blasco Lafon, Fernández Valdés y Viñas Arrebola, "Cálculo de índices de confort térmico en recintos cerrados con transferencia de calor", E.U arquitectura térmica, Madrid, 2007.
- [29] S. N. Cuixart, "Determinación del metabolismo energetico mediante tablas", NTP , 2014.
- [30] U.J.E, 2010, [En línea], Disponible: [http://www.exyge.eu/blog/wp-content/uploads/2014/07/prl\\_estres\\_termico\\_c](http://www.exyge.eu/blog/wp-content/uploads/2014/07/prl_estres_termico_c).
- [31] I. R. d. S. Laboral, "Riesgo estrés térmico por calor", Área de higiene industrial, España, 2010.
- [32] TELEDYNE FLIR, "The World'sSixth Sense", 2023, [En línea], Disponible: <https://www.flir.com.mx/products/ht30/?vertical=condition+monitoring&segm>, [Último acceso: 2023].
- [33] C. Villagra Albornoz y J. Alcaíno Lara, "Protocolo para la medición de estrés térmico", Chile, 2013.
- [34] ADL Agencia Laboral, 10-2022, [En línea], Disponible: <https://blog.adltomares.es/trabajar-en-exterior-cual-es-la-temperatura-maxim>.
- [35] A.H.Calleja, [En línea], Disponible: [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_501.pdf/24b8f22e-7ce7-43c7-b992-f79d969a9d77?version=1.1&t=1680083974977#:~:text=q%20La](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_501.pdf/24b8f22e-7ce7-43c7-b992-f79d969a9d77?version=1.1&t=1680083974977#:~:text=q%20La).
- [36] E. c. d. i. J. Garavito, "Guia para el desarrollo de la practica de temperaturas extremas".
- [37] F. V. Arroyo, "Salud y seguridad en ambientes térmicos".

- [38] P. A. P. d. Ciriza, 2023, [En línea], Disponible: <file:///C:/Users/there/OneDrive/Escritorio/proyecto%20de%20grado/enferme>.
- [39] Seguridad Minera, 17-09--2018, [En línea], Disponible: <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/medidas-de-control-para-el-estres-termico-por-calor/>.
- [40] Miniserio de Trabajo, [En línea], Disponible: <https://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53565>.
- [41] Congreso de la Republica, 2019, [En línea], Disponible: <https://www.anla.gov.co/eureka/normatividad/leyes/1254-ley-1972-de-2019->.
- [42] UNIAGRARIA, [En línea], Disponible: <https://www.uniagraria.edu.co/que-es-un-accidente-de-trabajo/#:~:text=La%>.
- [43] G. d. España, [En línea], Disponible: <https://herramientasprl.insst.es/higiene/estres-termico-indice-wbgt/contenido>.
- [44] UNE, 2006, [En línea], Disponible: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N003751>.
- [45] INTECO, 2020, [En línea], Disponible: <https://erp.inteco.org/shop/inte-iso-13731-2020-ergonomia-del-ambiente-ter>.
- [46] C. t. ISO/TC, "159/SC 5 Ergonomía del entorno físico", 2001.
- [47] AENOR, 06-2005, [En línea], Disponible: [file:///C:/Users/there/Downloads/\(EX\)UNE-EN ISO 8996=2005.pdf](file:///C:/Users/there/Downloads/(EX)UNE-EN ISO 8996=2005.pdf).
- [48] ISTAS, [En línea], Disponible: <https://istas.net/istas/prevencion-del-estres-termico/recursos-formativos-e-inf>.
- [49] AENOR, "UNE", [En línea], Disponible: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N003258>.
- [50] M.d.e.y.s.social, [En línea], Disponible: <https://www.insst.es/documents/94886/509319/NormativaTecnicaAmbTermi>  
c.
- [51] AENOR "A. E. d. N. y. certificación", 2005, [En línea], Disponible: [file:///C:/Users/there/Downloads/\(EX\)UNE-EN ISO 15265=2005.pdf](file:///C:/Users/there/Downloads/(EX)UNE-EN ISO 15265=2005.pdf).

- [52] A. Hernández "*Metodología de la investigación*" Orito Putumayo, 2024.
- [53] CDADIAGNOSTIMOTOS, *Popayán Cauca*, 2023.
- [54] Alcaldía de Popayán, 2023, [En línea], Disponible: <https://www.popayan.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Nuestra-Geografia.aspx#g>.
- [55] Google Maps, 2023, [En línea], Disponible: <https://www.google.com.ec/maps/place/CDA+Diagnostimotos+S.A.S+POPA>
- [56] EUROINNOVA, [En línea], Disponible: <https://www.euroinnova.pe/blog/que-es-area-administrativa#:~:text=el%20%>.
- [57] CDA, "procedimientos motolista", 2023, [En línea].
- [58] M. A. M. G., [En línea], Disponible: [https://issuu.com/adrianagutierrezmontoya/docs/equipos\\_usados\\_en\\_la\\_rev](https://issuu.com/adrianagutierrezmontoya/docs/equipos_usados_en_la_rev)
- [59] L. Merlin, 2023, [En línea], Disponible: <https://www.leroymerlin.es/productos/herramientas/maquinaria-de-taller/poli>.
- [60] GARESCA, [En línea]. Disponible: <https://garesca.com/luxometros.php..>
- [61] Ryme, [En línea], Disponible: <https://www.ryme.com/productos/frenometro-para-vehiculos-ligeros-frm/>.
- [62] Ryme, [En línea], Disponible: <https://www.ryme.com/productos/analizador-de-gases-ry-500-ag/>.
- [63] C. U. Unicomfacauca, "*Calibración Instrumentos*", Popayán Cauca, 2023.
- [64] OCU, "¿Que es el metabolismo basal?", *Bienestar y prevención*, 2021.
- [65] J. C. L. Rayo, "Valoración del riesgo de estrés térmico: índice "WBGT".
- [66] Texfire, "TEXfire TECHNICAL FABRICS", 2021, [En línea], Disponible: [https://texfire.net/es/blog/55\\_diferencia-calor-convectivo-radiante-contacto.ht](https://texfire.net/es/blog/55_diferencia-calor-convectivo-radiante-contacto.ht).
- [67] AVATAR ENERGIA, [En línea], Disponible: <https://avatarenergia.com/las-chimeneas-solares/>.

- [68] S. Cristobal, "Chimeneas solares: conoce todo sobre ellas", 2019, [En línea], Disponible: [https://chimeneasonline.org/mejor-chimenea-solar/..](https://chimeneasonline.org/mejor-chimenea-solar/)
- [69] Urrutia, "Instituto Riojano de Salud Laboral (IRSAL)", 2010, [En línea], Disponible: [file:///C:/Users/there/OneDrive/Escritorio/proyecto%20de%20grado/prl\\_estre](file:///C:/Users/there/OneDrive/Escritorio/proyecto%20de%20grado/prl_estre)  
:
- [70] Perez, "OROEL", [En línea], Disponible: [https://oroel.com/normativa/requisitos-generales-en-iso-13688/.](https://oroel.com/normativa/requisitos-generales-en-iso-13688/)