

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR MEDIANTE LA MEDICIÓN DEL  
INDICE TGBH A OPERARIOS QUE REALIZAN LIMPIEZA DE FACHADAS EN EDIFICIOS  
EMPRESARIALES UTILIZANDO LA TÉCNICA DE ACCESO POR CUERDAS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

ELABORADO POR:

**ROLANDO HUAMÁN BELLIDO**

ASESOR:

ING. JORGE ALBERTO VILLENA CHÁVEZ

LIMA, PERÚ

2019

**DEDICATORIA:**

A mí adorada Familia. A mi querida Madre que con su apoyo incondicional y su fe en mí me dieron la fortaleza para lograr el presente trabajo. A mi Padre quien me inspiró a ser apasionado, paciente y persistente, mi hermano mayor mi mejor amigo a quien admiro y agradezco tanto por sus consejos y enseñanzas, mi tierna hermana que me acompañó en mis fracasos y aciertos desde el inicio hasta el fin del presente trabajo.

A mi querida Universidad Nacional de Ingeniería que me dio la oportunidad de estudiar una maravillosa y noble carrera en beneficio de la Seguridad y Salud en el trabajo y su vez permitió conocer inolvidables y excelente personas, tanto compañeros como docentes y personal administrativo que hasta la actualidad siempre están ávidos de ayudar.

Dedico también el presente trabajo a todas las personas que confiaron en mí y me brindaron palabras de ánimo constantemente. Por ultimo dedico el presente trabajo a todas las personas interesadas en conocer más sobre el impacto del estrés térmico por calor en el trabajo.

**AGRADECIMIENTO:**

Agradezco a Dios, por darme la vida y conciencia necesaria para poder abordar el presente trabajo.

Agradezco a mi familia, amigos y cada persona que me ayudó con sus comentarios positivos y constructivos.

Agradezco a la UNI por permitirme estudiar en tan prestigiosa Universidad, en especial a mi adorada Facultad que me dio las bases para ser un profesional capaz de dar soluciones a las demandas laborales en beneficio de la Seguridad y Salud de los trabajadores. En especial a mi Asesor y toda el área administrativa de mi facultad.

## RESUMEN

La presente tesis busca determinar el Nivel de Riesgo de estrés térmico por calor al cual están expuestos los puestos de trabajo considerados en la matriz de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Control (IPERC) de una empresa dedicada a la limpieza de fachadas en edificios empresariales utilizando la técnica de acceso por cuerdas, ello a través de la determinación del *Índice TGBH* y *Gasto Metabólico*.

Los análisis se centran en 3 puestos de trabajo (Almacenero, instalador del sistema de anclajes y los técnicos de acceso por cuerda) en un horario de trabajo donde la exposición solar es intensa (desde las 11:00 pm hasta las 3:00 pm).

Para determinar el Nivel de Riesgo de estrés térmico por calor se tiene en cuenta 3 variables:

1. El individuo.
2. La actividad física.
3. Las condiciones del ambiente térmico.

En base al análisis y evaluación se buscará ratificar la hipótesis de que los trabajadores se encuentran expuestos a un Nivel de Riesgo Alto de estrés térmico por calor, para ello tomaremos en cuenta los Valores Límite Umbral y Límite de Acción estandarizados por Organizaciones, Instituciones y/o normativas relacionadas a la seguridad y salud en el trabajo.

Finalmente se plantean conclusiones y recomendaciones tomando en cuenta una Jerarquía de controles para controlar el riesgo de estrés térmico por calor.

## ABSTRACT

The present test seeks to determine the Risk Level of heat stress heat to which the jobs determined in the Hazard Identification, Risk Assessment and Control (IPERC) matrix of a company are affected to clean facades in corporate buildings using the rope access technique, this is through the determination of the TGBH Index and Metabolic Expense.

The analyzes focus on 3 jobs (Warehouse, anchor system installer and rope access technicians) in a work schedule where the sun exposure is intense (from 11:00 pm to 3:00 pm).

To determine the Risk Level of heat stress heat, 3 variables are taken into account:

1. The individual.
2. Physical activity.
3. The conditions of the thermal environment..

Based on the analysis and evaluation, we will seek to ratify the hypothesis that workers are exposed to a High Risk Level of thermal stress due to heat, for this we will take into account the Threshold Limit and Action Limit Values standardized by Organizations, Institutions and / or regulations related to occupational safety and health.

Finally, conclusions and recommendations are made taking into account a Hierarchy of controls to control the risk of heat thermal stress.

## PRÓLOGO

La actividad laboral del ser humano ha permitido transformar el mundo, pero al mismo tiempo, ha generado riesgos de accidentes y enfermedades que han sido reconocidas desde antes. Galeno describió las intoxicaciones de los mineros de Chipre; durante el renacimiento, Georg Agricola (1494-1555) realizó una primera división entre enfermedades laborales crónicas y agudas; Paracelso, a mediados del siglo XVI, escribió el primer tratado de enfermedades de los mineros; y en 1733 Bernardino Ramazzini, escribió el *De morbis artificum diatriba* (discurso sobre las enfermedades de los trabajadores) con el cual se incorpora la salud ocupacional como una rama de la medicina.

La revolución industrial incorporó desde el campo a ingentes masas de trabajadores hacia las fábricas, en condiciones muchas veces inhumanas, lo que dio lugar a una amplia crítica social pero también al desarrollo de estudios e investigaciones que establecieron la relación directa entre diversas ocupaciones y la enfermedad. En el Perú, la primera mención a las enfermedades ocupacionales es del periodo colonial cuando se hace referencia a los indígenas obligados a laborar en las minas de donde, por intoxicación, pocos sobrevivían.

Hoy en día la Seguridad y Salud en el trabajo ha evolucionado y de la mano la tecnología que ha hecho posible tener equipos y métodos que nos permitan cuantificar el riesgo de estrés térmico y cómo consecuencia implementar los controles necesarios para brindar un ambiente de trabajo Seguro y Saludable. En el Perú, podemos encontrar la norma R.M. 375\_2008\_TR, la Guía 2 del D.S. 024\_2016\_EM o Ley 30102 promulgada el 2013 que establece medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar.

Así mismo es una realidad que el cambio climático está ocasionando el calentamiento mundial y consigo un aumento del estrés térmico en el trabajo, según el informe de Julio de 2019 de la Organización Internacional de Trabajo (OIT) se prevé que el aumento del estrés térmico provocado por el calentamiento global traiga consigo que en 2030 pérdidas de productividad en todo el mundo equivalente a 80 millones de puestos de trabajo a tiempo completo.

Es por ello que en el Perú aún se debe apuntar a fortalecer la cultura de seguridad y salud, promoviendo la comunicación, capacitación y participación de los trabajadores en temas relacionados al control del riesgo de estrés térmico por calor tanto en empresas del mismo rubro cómo similares.

## INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
PROLOGO.....	VI
ÍNDICE.....	VII
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. GENERALIDADES (ANTECEDENTE Y JUSTIFICACIÓN):.....	1
1.2. PROBLEMÁTICA .....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN EL TRABAJO .....	4
2.2. BALANCE E INTERCAMBIO DE CALOR DEL HUMANO .....	6
2.3. EFECTOS BIOLÓGICOS DEL CALOR.....	21
2.4. CONSUMO O TASA METABOLICA (M) .....	63
2.5. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DEBIDO AL CALOR.....	72
<b>CAPITULO III. PROCESO OPERACIONAL DE LA EMPRESA.....</b>	<b>85</b>
3.1. Datos generales de la Empresa de Limpieza de Fachada: .....	85
3.2. Descripción de los trabajos de Limpieza de fachadas en edificios empresariales utilizando la técnica de acceso por cuerdas: .....	85
3.3. Medidas de control existentes .....	91
<b>CAPITULO IV. MARCO NORMATIVO .....</b>	<b>92</b>
4.1. NORMAS NACIONALES .....	92
4.2. NORMAS INTERNACIONALES.....	92
<b>CAPITULO V. RECURSOS, EQUIPOS Y DESARROLLO.....</b>	<b>93</b>
5.1. RECURSOS HUMANOS.....	93

## VIII

5.2. EQUIPOS Y MATERIALES.....	93
5.3. ÁREA DE ANALISIS PARA LA INVESTIGACIÓN.....	93
5.4. PROTOCOLO DE MEDICIÓN .....	95
<b>CAPITULO VI. RESULTADOS .....</b>	<b>100</b>
6.1. ESTIMACIÓN DE GASTOS METABÓLICOS E INDICE TGBH .....	100
6.2. RESUMEN DE RESULTADOS DE ESTRÉS TÉRMICO: .....	107
6.3. ADECUACIÓN A RÉGIMEN TRABAJO – DESCANSO .....	108
6.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	109
<b>CAPITULO VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>111</b>
7.1. CONCLUSIONES GENERALES.....	111
7.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS .....	112
<b>CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>114</b>
8.1. RECOMENDACIONES GENERALES.....	114
8.2. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS .....	114
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>115</b>
<b>GLOSARIO DE TERMINOS.....</b>	<b>116</b>
<b>SIMBOLOS Y ABREVIATURAS: .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>119</b>
ANEXO I: REPORTES DE CAMPO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO.....	119
ANEXO II: MATRICES DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONTROLES (IPERC de Almacenero de Patio/Despachador de Patio) .....	126
ANEXO III: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.....	127
ANEXO IV: CLASIFICACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE ACUERDO CON EL INDICE DE MASA CORPORAL (IMC) .....	128
ANEXO V: INDICE DE MASA CORPORAL DE PUESTOS EVALUADOS .....	128

- **INDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1 Valores de aislamiento de clo para conjuntos de ropa típicos .....	15
Tabla 2.2 Factores de ajuste por tipo de ropa.....	16
Tabla 2.3. Aclimatación en trabajadores.....	38
Tabla 2.4. Medicamentos implicados en la intolerancia al calor.....	46
Tabla 2.5. Clasificación, aspectos médicos y primeros auxilios de enfermedades relacionadas con el calor. ....	49
Tabla 2.6 Comparación de golpe de calor clásico y de esfuerzo .....	54
Tabla 2.7. Niveles para la determinación de la tasa metabólica. ....	64
Tabla 2.8. Tasa metabólica para diversas ocupaciones. ....	65
Tabla 2.9. Clasificación de la tasa metabólica por categorías .....	67
Tabla 2.10. Metabolismo basal en función de la edad y sexo .....	68
Tabla 2.11. Suplemento para la tasa Metabólica debido a las posturas del cuerpo.....	68
Tabla 2.12. Tasa Metabólica para la carga de trabajo según la parte del cuerpo implicada.....	69
Tabla 2.13. Tasa Metabólica para actividades específicas .....	70
Tabla N°2.14. TGBH en el interior de edificaciones o en el exterior sin radiación solar.....	73
Tabla N°2.15. TGBH en exteriores o con radiación solar.....	73
Tabla N°2.16. Valor Límite Umbral .....	75
Tabla N°2.17. Límite de Acción.....	76
Tabla 2.18. Elementos a considerar al establecer un programa de manejo del estrés por calor. ....	80
Tabla 5.1. Equipos para el monitoreo.....	93
Tabla 5.2. Descripción de Actividades según Puesto de Trabajo. ....	93
Tabla N°6.1. Estimación de Gasto Metabólico y TGBH / ALMACENERO.....	100
Tabla N°6.2. Estimación de Gasto Metabólico y TGBH / INSTALADOR DE ANCLAJE .....	103
Tabla N°6.3. Estimación de Gasto Metabólico y TGBH / TÉCNICO DE ACCESO POR CUERDAS.....	105
Tabla N° 6.4. Resultado de Monitoreo de Estrés Térmico _ ALMACENERO ..	107
Tabla N° 6.5. Resultado de Monitoreo de Estrés Térmico _ INSTALADOR DE ANCLAJE .....	107
Tabla N° 6.6. Resultado de Monitoreo de Estrés Térmico _ TÉCNICO DE ACCESO POR CUERDAS.....	107
Tabla N° 6.7. Tiempo máximo de trabajo por hora por Puesto de Trabajo 1..	108

**Tabla N° 6.8. Tiempo máximo de trabajo por hora por Puesto de Trabajo 2.. 108**

**Tabla N° 6.6. Discusión de resultados ..... 109**

• **INDICE DE FIGURAS**

**Figura 2.1. Ejemplos de factores de riesgo de enfermedades relacionadas con el calor..... 40**

**Figura 2.2. Valor Limite Umbral vs Limite de Acción. .... 74**

**Figura 2.3. Esquema de actuación para la evaluación de los riesgos por calor. .... 79**

**Figura 3.1. Equipo ID´s para Ascenso o Descenso. .... 86**

**Figura 3.2. Equipo ASAP para freno con cuerda. .... 86**

**Figura 3.3. Características de las cuerdas semi-estaticas. .... 87**

**Figura 3.4. Limpieza de fachadas (I). .... 87**

**Figura 3.5. Pescante anclado mediante contrapesos. Cotas para cálculo..... 88**

**Figura 3.6. Sistema de Anclaje con contrapesos..... 89**

**Figura 3.7. Anclajes del Edificio y Anclajes con contrapesos. .... 89**

**Figura 3.8. Técnico de Acceso por Cuerdas..... 90**

**Figura 3.9. Limpieza de Fachadas (II). .... 90**

**Figura 3.10. Herramienta de limpieza Monsson. .... 91**

**Figura 3.11. Herramienta de limpieza Plumilla. .... 91**

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. GENERALIDADES (ANTECEDENTE Y JUSTIFICACIÓN):

#### 1.1.1. ANTECEDENTES

Actualmente no se cuenta con antecedente de análisis de exposición a estrés térmico por calor en trabajos de limpieza de fachada a edificios empresariales utilizando la técnica de acceso por cuerdas. Sin embargo, se encontró estudios relacionados que fueron desarrollados en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería para optar el Título de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial, las cuales son:

a. **Título de Tesis:** Evaluación y Control del riesgo ocupacional por exposición al polvo, ruido y calor radiante en una planta de cemento por vía Seca:

**Autor:** Hernandez Carrillo, Maria Jesus.

**Año:** 1995

**Código:** S2-T/013/2015

**Resumen:** Esta investigación comprende los principales riesgos ocupacionales en la fabricación de cemento ocasionado por el polvo, el ruido y el calor radiante, además de hacer referencia a los límites permisibles nacionales e internacionales como patrones de comparación, y establece medidas de control para este tipo de industria.

b. **Título de Tesis:** Evaluación de Estrés térmico por exposición al calor en actividades en el campo libre de una empresa del sector agroindustrial.

**Autor:** Cárdenas Bedón, Henry

**Año:** 2015

**Código:** S2-T/101/2015

**Resumen:** Esta investigación determina el nivel de exposición a estrés térmico por calor del personal de la empresa agroindustrial producto de sus actividades laborales. Propone controles para contrarrestar los riesgos higiénicos en el lugar de trabajo y mejorar el confort de los trabajadores.

c. **Título de Tesis:** Evaluación de Estrés térmico mediante el Índice TGBH y Gasto Metabólico en una empresa de fabricación de tuberías de plásticos.

**Autor:** Alvarez Jara, Kiro Pat

**Año:** 2016

**Código:** S2-T/122/2016

**Resumen:** En esta investigación se determina el Índice TGBH en todas las áreas de una fábrica de tuberías de plásticos (APT, Mezclas, extrusión, Inyección, molinos, moldes de extrusión y moldes de inyección). En total son 12 puestos de trabajo evaluados en toda la empresa. En base a los resultados obtenidos se plantean recomendaciones y controles a tomar en cuenta para la actualización del IPERC de la organización.

### **1.1.2. JUSTIFICACIÓN**

La importancia del presente trabajo radica en determinar si hay exposición y en qué nivel de riesgo de Estrés térmico por calor se exponen los trabajadores en empresas del rubro de Limpieza de fachada a edificios empresariales en temporada de verano y más aun considerando que el calentamiento global está ocasionando el aumento en la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor a nivel mundial.

Usando la técnica de acceso por cuerdas, los trabajadores descienden limpiando por la parte externa de la fachada (Al aire libre) desde el techo del edificio hasta el primer piso. En todo el proceso operacional los técnicos de limpieza están expuestos a la radiación solar, condiciones climáticas diversas, esfuerzo físico constante y el riesgo de caída al abismo está siempre latente.

Teniendo como base este estudio las empresas del rubro mencionado deben actualizar en su Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) los controles asociados a este agente ocupacional en estudio y con ello prevenir la ocurrencia de accidentes y enfermedades ocasionadas por la exposición a Estrés Térmico por calor en el trabajo.

### **1.2. PROBLEMÁTICA**

Según un reporte de SENAMHI los niveles de radiación ultravioleta en Lima Metropolitana para Febrero del 2019 han representado una de las exposiciones más extremas del mundo con índices que varían de 15-18 sobre una escala de 20 puntos. (De 0 a 2 se cataloga como radiación baja, de 3 a 5 es moderada, de 6 a 7 es alta, de 8 a 10 es muy alta y de 11 a 20 es extremadamente alta”).

Por lo antes mencionado, las condiciones de exposición solar, las condiciones climáticas como la velocidad y temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, además del esfuerzo físico y factores personales hace que el trabajo genere una exposición a Estrés Térmico por Calor.

La carga laboral para los trabajadores en mención es de 8 horas diarias de lunes a sábado (Desde las 08:00am hasta las 05:00pm) en la que los operarios están expuestos tanto en la instalación de los sistemas de anclajes cómo en la limpieza de fachadas de los Edificios que muchas veces varían desde el décimo al veintiochoavo piso.

Es por ello que es de vital importancia determinar si hay exposición a estrés térmico por calor a los trabajadores en mención y ello conlleve en algún momento a que presenten:

- Reducción del rendimiento físico al limitar la capacidad de trabajo físico a causa por la deshidratación y la pérdida de electrolitos.
- Enfermedades ocupacionales cómo golpe de calor, agotamiento por calor, calambres musculares por calor, síncope de calor, entre otras.
- Disminución en la concentración y rendimiento mental, incrementando los errores y lesiones.

### 1.3. OBJETIVOS

- **Objetivo General**

Determinar si los operarios que realizan limpieza de fachadas en edificios empresariales utilizando la técnica de acceso por cuerda están expuestos a Estrés Térmico por calor en su jornada de trabajo y que controles se deberían considerar en la actualización de la Matriz IPERC.

- **Objetivos Específicos**

a. Evaluar la exposición a estrés térmico por calor de manera cualitativa y cuantitativa aplicando las metodologías y técnicas convencionales.

La evaluación implica los siguientes aspectos:

- Determinar el índice TGBH mediante la medición de la temperatura de globo, temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo.
- Determinar el Gasto Metabólico de cada puesto de trabajo.
- Determinar si los trabajadores están aclimatados o no al puesto de trabajo.

b. Determinar que controles (Eliminación, Sustitución, Ingeniería, Administrativos y de Epp's) se deben considerar en la actualización de la Matriz IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Medidas de Control) de la Empresa en análisis.

### 1.4. HIPÓTESIS

Los operarios que realizan limpieza de fachadas en edificios empresariales utilizando la técnica de acceso por cuerda en épocas de verano están expuestos en algún momento de su Jornada de trabajo a estrés térmico por calor con un **nivel de riesgo alto** debido a su esfuerzo físico y la exposición a calor ambiental. Por ende la salud, seguridad y productividad de cada operario se ve impactada negativamente.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

El **estrés térmico** es la causa de diversos efectos patológicos que se producen cuando se acumula excesivo calor (estrés por calor) o se elimina excesivo calor (estrés por frío) en el cuerpo humano.

Para determinar el estrés térmico por calor total es necesario sumar el calor interno generado en el cuerpo (*calor metabólico*), más el calor obtenido del medio ambiente (*calor ambiental*), menos el calor perdido del cuerpo y emitido al medio ambiente. El estrés térmico por calor **ambiental** y/o **metabólico** produce respuestas fisiológicas (Tensión de calor) para promover la transferencia de calor del cuerpo de regreso al ambiente para mantener la temperatura corporal central [**Parsons 2003**].

Muchas de las respuestas corporales a la exposición al calor son deseables y beneficiosas. Sin embargo, en algún nivel de estrés térmico por calor, los mecanismos compensatorios de un trabajador ya no son capaces de mantener la temperatura corporal al nivel requerido para las funciones normales del cuerpo. Como resultado, aumenta el riesgo de enfermedades, trastornos y otros peligros relacionados con el calor. El nivel de estrés térmico por calor en el que se producirá una tensión de calor excesiva depende de las capacidades de tolerancia al calor del trabajador. Sin embargo, aunque existe una amplia gama de tolerancia al calor entre los trabajadores, cada trabajador tiene un límite superior para el estrés por calor, más allá del cual la tensión de calor resultante puede causar que el trabajador se convierta en una víctima del calor. En la mayoría de los trabajadores, la exposición repetida adecuada al estrés por calor elevado provoca una serie de adaptaciones fisiológicas llamadas **aclimatación**, por lo que el cuerpo se vuelve más eficiente para hacer frente al estrés por calor. Tal trabajador aclimatado puede tolerar un mayor estrés por calor antes de que ocurra un nivel dañino de tensión por calor.

Así mismo, el estrés térmico también se define como la carga neta de calor a la que está expuesto un trabajador o una trabajadora como resultado de tres tipos de factores que pueden estar presentes en el trabajo, juntos o no:

- Condiciones ambientales de alta temperatura, alta humedad, calor radiante, etc. Ya sea en trabajos al aire libre o en sitios cerrados con techo.
- Actividad física intensa.
- Ropa o Equipos de Protección Personal (EPP) con características aislantes que dificultan o impidan la transpiración.

La “carga térmica” sobre la persona dificulta el mantenimiento del equilibrio térmico corporal, produciendo una tendencia a que la temperatura corporal aumente, afectando así a la salud y su seguridad, además del bienestar del trabajador.

### 2.1. LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN EL TRABAJO

Cuando hace calor, trabajar puede resultar bastante incómodo o incluso agobiante, especialmente si no corre el aire y si además, la humedad del ambiente es alta.

En algunos procesos de trabajo que requieren o producen mucho calor (trabajos con hornos, fundiciones, etc.) o en actividades donde se realiza un esfuerzo físico importante, o donde es preciso llevar equipos de protección individual, las condiciones de trabajo pueden provocar algo más serio que la incomodidad por el

excesivo calor y originar riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores. En ocasiones especialmente graves pueden llevar a la muerte.

Con los fuertes calores del verano en nuestro país, especialmente al mediodía y teniendo en cuenta que se espera que aumenten las olas de calor debido al cambio climático, esta amenaza se extiende a muchos más tipos de trabajos y condiciones. Sobre todo se hace especialmente peligrosa en los trabajos al aire libre.

**La temperatura del aire en el ambiente:** Se refiere al grado de calor específico en un lugar y momento determinados. La temperatura se puede medir con un *termómetro* (mercurio o electrónico), cuidando que esté bien calibrado. En el Sistema Internacional la Temperatura se expresa en la grados Celsius °C. Cuando se necesita medir la temperatura ambiental se debe tener cuidado para que no influyan otros factores como la radiación térmica emitida por objetos cercanos, ni los efectos de la humedad relativa o el movimiento de aire.

**Humedad Relativa:** Influye en la capacidad del aire para admitir o no la evaporación del sudor. La eficacia del enfriamiento por evaporación que produce el sudor depende del nivel de humedad ambiental. En la medida que un ambiente contenga mayor humedad, el sudor se convierte en un medio menos efectivo para disipar el calor corporal. La humedad relativa (HR) se expresa en porcentaje y se mide con un higrómetro, aunque en prevención de riesgos laborales es frecuente tomar una medida denominada temperatura húmeda del aire, mediante un termómetro “de bulbo húmedo”.

Se trata de un termómetro cuyo bulbo se envuelve en un paño de algodón empapado de agua, al que se le aplica una corriente de aire, que permite comprobar si el agua se evapora más o menos rápidamente, dependiendo de la humedad relativa del ambiente. La temperatura del bulbo húmedo se utiliza como parte del cálculo del índice TGBH (que también tiene en cuenta la radiación solar), para dar una indicación de si hay condiciones de estrés térmico y en qué grado.

**Temperatura Radiante:** Describe el intercambio de calor entre el cuerpo y las superficies emisoras de calor que lo rodean. En interiores, en algunas situaciones se necesita diferenciar diferentes planos radiantes (anterior y posterior, superior e inferior, derecho e izquierdo). La medición de la temperatura radiante se estima a partir de la temperatura medida con un termómetro de esfera negra, que es una sonda térmica cuyo elemento sensible está situado en el centro de una esfera completamente cerrada. En exteriores, la principal fuente radiante es la radiación solar.

Además de emitir calor, la radiación solar emite también radiación ultravioleta, que si bien tiene efectos beneficiosos en la salud, provoca daños si la recibimos en exceso. Por ejemplo, en el colágeno de la piel, causando envejecimiento prematuro de la misma. El exceso de radiación ultravioleta provoca también daños y mutaciones en el ADN, y así aumenta considerablemente el riesgo de contraer un cáncer de piel. Igualmente puede provocar problemas serios en los ojos como cataratas. La intensidad de la radiación ultravioleta se expresa mediante el índice ultravioleta (IUV).

**Movimiento del Aire:** Una mayor velocidad del aire ayuda a disipar el calor producido por el cuerpo, reduciendo el estrés térmico. El movimiento del aire facilita la eliminación del calor sobrante a través del sudor, por convección del calor. Sin

embargo, cuando la temperatura del aire iguala o supera a la de la piel (a partir de 35 °C), la velocidad del aire no ayuda. La medición de la velocidad del aire puede hacerse sin tener en cuenta la dirección del flujo del aire, pero a veces se necesita tener en cuenta los tres ejes perpendiculares. La unidad de medición suele ser generalmente metros por segundo (m/s), utilizando un anemómetro o un termomanómetro.

El calor es un peligro para la salud porque nuestro cuerpo, para funcionar con normalidad, necesita mantener invariable la temperatura en su interior en torno a los 37 °C. Cuando la temperatura central del cuerpo supera los 38 °C ya se pueden producir daños a la salud y, a partir de los 40,5 °C a más, la muerte.

Al trabajar en condiciones de estrés térmico, el cuerpo del individuo se altera. Sufre una sobrecarga fisiológica, debido a que, al aumentar su temperatura, los mecanismos fisiológicos de pérdida de calor (sudoración y vasodilatación periférica, fundamentalmente) tratan de que se pierda el exceso de calor. Si pese a todo, la temperatura central del cuerpo supera los 38 °C, se podrán producir distintos daños a la seguridad y salud, cuya gravedad estará en consonancia con la cantidad de calor acumulado en el cuerpo.

Las enfermedades y lesiones ocupacionales relacionadas con el calor ocurren en situaciones donde la carga de calor total (ambiental y metabólico) excede las capacidades del cuerpo para mantener la homeostasis.

## **2.2. BALANCE E INTERCAMBIO DE CALOR DEL HUMANO**

Un requisito esencial para la función continua del cuerpo normal es que la temperatura central profunda del cuerpo se mantenga dentro del rango de aproximadamente 37 ° C (98.6 ° F)  $\pm$  1 ° C (1.8 ° F). Lograr este equilibrio de temperatura corporal requiere un intercambio constante de calor entre el cuerpo y el medio ambiente. La velocidad y la cantidad del intercambio de calor se rigen por las leyes fundamentales de la termodinámica del intercambio de calor entre objetos. La cantidad de calor que debe intercambiarse es una función de: **(1)** el calor total producido por el cuerpo (calor metabólico), y **(2)** el calor obtenido, si lo hay, del medio ambiente. La tasa de intercambio de calor con el medio ambiente es una función de la temperatura y la humedad del aire, la temperatura de la piel, la velocidad del aire, la evaporación del sudor, la temperatura radiante y el tipo, la cantidad y las características de la ropa que se usa. La pérdida de calor respiratorio es generalmente de menor importancia, excepto durante el trabajo duro en ambientes muy secos [NIOSH 2016,3].

Por otra parte debido a que el cuerpo humano es de sangre caliente, puede mantener una temperatura interna más o menos constante, aunque esté expuesto a temperaturas ambientales variables. Y para mantener la temperatura interna dentro de límites seguros, el cuerpo tiene que eliminar el calor excesivo. Para eliminar el calor, el cuerpo cambia el ritmo y la cantidad de circulación de sangre en la piel; cambia también, la cantidad de líquido que las glándulas sudoríparas eliminan por la piel. [Calle, 2013, p.1].

### 2.2.1. Ecuación de equilibrio térmico

La ecuación básica del equilibrio térmico es:

$$S = (M - W) \pm C \pm R \pm K - E$$

Dónde:

**S** = Cambio en el contenido de calor corporal.

**(M - W)** = Metabolismo total menos trabajo externo realizado.

**C** = Intercambio de calor por convección.

**R** = Intercambio de calor radiativo.

**K** = Intercambio de calor conductivo.

**E** = Pérdida de calor por evaporación.

Para resolver la ecuación, se requiere la medición de la producción de calor metabólico, la temperatura del aire, la presión del vapor de agua, la velocidad del viento y la temperatura radiante media [**Belding 1971; Ramsey 1975; Lind 1977; Grayson y Kuehn 1979; Goldman 1981; Nishi 1981; ISO 1982b; ACGIH 1985; DiBenedetto y Worobec 1985; Goldman 1985a, b; Horvath 1985; Havenith 1999; Malchaire y col. 2001**].

### 2.2.2. Modos de intercambio de calor

Los principales modos de intercambio de calor entre los humanos y el medio ambiente son *la convección, la radiación y la evaporación*. La conducción generalmente juega un papel menor en el estrés por calor en el lugar de trabajo, que no sea por breves períodos de contacto corporal con herramientas calientes, equipos, pisos u otros elementos en el entorno de trabajo, o para personas que trabajan en el agua o en posiciones supinas [**Havenith 1999**]. Las ecuaciones para calcular el intercambio de calor por convección, radiación y evaporación están disponibles en unidades estándar internacionales (SI), unidades métricas y unidades inglesas. En unidades del S.I., el intercambio de calor es en vatios por metro cuadrado de superficie corporal ( $W / m^2$ ). Las ecuaciones de intercambio de calor están disponibles en unidades métricas e inglesas tanto para el individuo semidesnudo como para el trabajador que usa una camisa de trabajo de manga larga convencional y pantalones. **Los valores están en kcal / h para el "hombre estándar", definido como aquel que pesa 70 kg (154 lb) y tiene un área de superficie corporal de 1.8 m<sup>2</sup> (19.4 ft<sup>2</sup>)**. Para el propósito de esta discusión, solo

se utilizarán unidades del S.I., para los trabajadores que son más pequeños o más grandes que el hombre estándar, se deben aplicar los factores de corrección apropiados [**Belding 1971**]. Para mayor detalle sobre las ecuaciones que utilizan las unidades del S.I. para el intercambio de calor por C, R y E ver **Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to heat and hot Environments NIOSH 2016. Apéndice A.**

### **Convección (C):**

La tasa de intercambio de calor por convección entre la piel de una persona y el aire ambiental que la rodea es una función de la diferencia de temperatura entre el aire ambiental ( $t_a$ ) y la temperatura media ponderada de la piel ( $t_{sk}$ ) y la tasa de movimiento del aire sobre la piel ( $V_a$ ). Esta relación se establece algebraicamente para el "hombre estándar" que usa el conjunto de ropa de trabajo de una capa convencional como [**Belding 1971**]:

$$C = 7.0 V_a^{0.6}(t_a - t_{sk})$$

Dónde:

**C** = Intercambio de calor por convección, kcal/ h.

**V<sub>a</sub>** = Velocidad del aire, m / s.

**t<sub>a</sub>** = Temperatura ambiente, ° C.

**t<sub>sk</sub>** = Temperatura media ponderada de la piel, generalmente se supone que es 35 °C.

Cuando **t<sub>a</sub> > 35 ° C**, habrá una ganancia de calor corporal del aire ambiente por convección; Cuando **t<sub>a</sub> < 35 ° C**, el calor se perderá del cuerpo al aire ambiente por convección.

### **Radiación (R):**

El intercambio de calor radiativo es principalmente una función del gradiente de temperatura entre la temperatura radiante media de los alrededores ( $t_w$ ) y la temperatura media ponderada de la piel ( $t_{sk}$ ). El intercambio de calor radiante es una función de la cuarta potencia de la temperatura absoluta de los alrededores sólidos, menos la temperatura de la piel ( $T_w - T_{sk}$ )<sup>4</sup>, pero una aproximación aceptable para el individuo vestido de una capa convencional es esta [**Belding 1971**]:

$$R = 6.6 (t_w - t_{sk})$$

Dónde:

**R** = Intercambio de calor radiante, kcal / h.

**t<sub>w</sub>** = Temperatura radiante media de la superficie sólida circundante, ° C.

**t<sub>sk</sub>** = Temperatura media ponderada de la piel.

### **Evaporación (E):**

La evaporación del agua (sudor) de la superficie de la piel produce una pérdida de calor del cuerpo. La capacidad de evaporación máxima (y la pérdida de calor) es una función del movimiento del aire ( $V_a$ ) y la diferencia de presión de vapor de agua entre el aire ambiental ( $P_a$ ) y la piel mojada a la temperatura de la piel ( $P_{sk}$ ). La ecuación para esta relación es para el trabajador vestido de una capa convencional [**Belding 1971**]:

$$E = 14V_a^{0.6} (P_{sk} - P_a)$$

Dónde:

**E** = Pérdida de calor por evaporación, kcal / h.

**V<sub>a</sub>** = Velocidad del aire, m / s.

**P<sub>a</sub>** = Presión de vapor de agua del aire ambiente, mmHg.

**P<sub>sk</sub>** = Presión de vapor de agua sobre la piel, se supone que es 42 mmHg (5.6 kPa) a una temperatura de la piel de 35 ° C (95 ° F).

### **Conducción (K):**

Este tipo de intercambio de calor implica la transferencia directa de calor a través del contacto directo entre dos medios (sólido, líquido o gas) que tienen un diferencial de temperatura. Por lo tanto, para los fines de este documento, la tasa de transferencia de calor depende del gradiente de temperatura entre la superficie de la piel y las superficies circundantes (superficie de metal caliente, chaleco de hielo contra la piel) y las cualidades térmicas de las superficies (por ejemplo, el agua absorbe calor a un ritmo mucho mayor que el aire o la piedra) [**McArdle et al. 2010a**]. En la mayoría de las circunstancias, la conducción es pequeña en comparación con la radiación, la convección y las pérdidas por evaporación.

Sin embargo, en circunstancias especiales, como el uso de chalecos de hielo o sistemas de refrigeración personal con circulación de líquido, la conducción se vuelve más importante. La ecuación para esta relación teórica es la siguiente:

$$h_k = KA (T_1 - T_2) / L$$

Dónde:

$h_k$  = Intercambio de calor por conducción.

$K$  = "Conductividad" térmica determinada por las propiedades físicas de los objetos.

$A$  = Área para conducción de calor, m<sup>2</sup>.

$L$  = Distancia entre puntos en  $T_1$  y  $T_2$  para la conducción de calor, m.

$T_1$  = Temperatura del calentador objeto, ° C.

$T_2$  = Temperatura del enfriador objeto, ° C.

Esta ecuación podría re-escribirse para representar la conducción térmica hacia o desde la piel, de la siguiente manera:

$$h_k = KA (T_{skin} - T_{objeto}) / L$$

Dónde:

$K$  = Intercambio de calor conductivo, kcal / h.

### 2.2.3 Efectos de la ropa en el intercambio de calor

La ropa sirve como barrera entre la piel y el medio ambiente para proteger contra los elementos ambientales normales de calor, frío, humedad y abrasión. Se ha desarrollado ropa especial para agregar más protección contra agentes químicos, físicos y biológicos peligrosos. Un conjunto de ropa alterará, necesariamente, la velocidad y la cantidad de intercambio de calor entre la piel y el aire ambiental por convección, conducción, radiación y evaporación del sudor. Por lo tanto, para calcular el intercambio de calor por cada uno de estos modos, es necesario aplicar factores de corrección que reflejen el tipo, la cantidad y las características de la ropa que se usa cuando la ropa difiere sustancialmente de la ropa de trabajo convencional de una capa (es decir, más de una capa y/o mayor impermeabilidad al aire y al vapor). Este factor de eficiencia de la ropa ( $F_{cl}$ ) para el intercambio de calor seco no es dimensional [Goldman 1978; McCullough y col. 1982; Vogt y

**col. 1982].** En general, cuanto más gruesa y mayor es la impermeabilidad al aire y al vapor de la capa o capas de barrera de la ropa, más interfiere con el intercambio de calor por convección, radiación y evaporación.

Se han sugerido correcciones de Límite de Acción y Valores Límite Umbral (TLV) para reflejar el Fcl basado en el cálculo de transferencia de calor para una variedad de cargas de calor ambientales y metabólicas y tres conjuntos de ropa [**Programa de gestión del estrés por calor para la industria de la energía nuclear: Informe provisional 1986**]. El conjunto de ropa convencional de una capa se utilizó como base para las comparaciones con los otros conjuntos de ropa. Cuando se usa un conjunto de ropa de dos capas, el Límite de Acción y Valores Límite Umbral (TLV) deben reducirse en 2 ° C (3.8 ° F). Cuando se usa un conjunto parcialmente impermeable al aire y/o al vapor, o delantales, polainas, guanteletes, etc. que reflejan el calor o protectores del calor, el Límite de Acción y el Valor Límite Umbral (TLV) deben bajarse 4 ° C (7.2 ° F). Estas correcciones sugeridas de Límite de Acción y Valor Límite Umbral (TLV) son juicios científicos que no han sido corroborados por estudios de laboratorio controlados o experiencia laboral a largo plazo.

En aquellos lugares de trabajo donde se debe usar un conjunto de encapsulación impermeable al vapor y al aire, el TGBH no es la medida adecuada del estrés por calor ambiental. En estos casos, la temperatura del aire de bulbo seco ajustada (tadb) debe medirse y usarse en lugar del TGBH. Cuando el tadb excede aproximadamente 20 ° C (68 ° F), se requiere monitoreo fisiológico (temperatura corporal central y/o frecuencia del pulso). Las circunstancias determinarán el método utilizado para medir la temperatura corporal central y la frecuencia del pulso, y se debe llevar a cabo una planificación anticipada adecuada (adjuntar el sistema de monitoreo fisiológico) antes de ponerse el EPP impermeable. Este monitoreo fisiológico debe realizarse en un horario basado en la producción de calor metabólico y el tadb. La frecuencia sugerida de monitoreo fisiológico para el trabajo moderado varía de una vez cada dos horas a una temperatura mínima de 24 ° C (75 ° F) a cada 15 minutos para un trabajo moderado a una temperatura de 32 ° C (90 ° F) [**NIOSH 1985**].

- **Aislamiento de la ropa y pérdida de calor no evaporativa**

Incluso sin ropa, una fina capa de aire quieto (la capa límite) queda atrapada junto a la piel. Esta película de aire inmóvil externa actúa como una capa de aislamiento

contra el intercambio de calor entre la piel y el ambiente. Típicamente, sin movimiento del cuerpo o del aire, esta capa de aire (la) proporciona aproximadamente 0,8 clo unidades de aislamiento. Una unidad clo de aislamiento de ropa se define como permitir 5.55 kcal\* m<sup>2</sup> / h de intercambio de calor por radiación y convección ( $H_{R+C}$ ) por cada ° C de diferencia de temperatura entre la piel (a una temperatura media de la piel  $t_{sk}$ ) y ajustada temperatura de bulbo seco  $t_{adb} = (t_a + t_r) / 2$ . La temperatura media de la piel es el promedio de temperaturas tomadas en varios lugares de la piel, ponderadas por el área de la piel. El sistema de "ponderación" tiene en cuenta la cantidad de transferencia de calor sobre estas diversas áreas de la piel. Las áreas de la piel son típicamente pecho, bíceps, antebrazo, muslo, pantorrilla y región subescapular. **El sistema de ponderación utilizado por Ramanathan [1964]** generalmente se considera una manera precisa de determinar la temperatura media de la piel a partir de estos datos. Para el hombre estándar con 1.8 m<sup>2</sup> de superficie, el intercambio de calor por hora por radiación y convección ( $H_{R+C}$ ) puede estimarse como:

$$H_{R+C} = (10 / clo) (t_{sk} - t_{adb})$$

Por lo tanto, la capa de aire quieto de 0.8 clo limita el intercambio de calor por radiación y convección para el individuo estándar desnudo a aproximadamente 12.5 kcal / h (14.5 W) por cada ° C de diferencia entre la temperatura de la piel y la temperatura del aire.

Un individuo en reposo en aire quieto que produce 90 kcal / h (104.7 W) de calor metabólico perderá aproximadamente 11 kcal / h (12.8 W o 12%) por respiración y aproximadamente lo mismo por evaporación del agua corporal que se difunde a través de la piel. El trabajador tendrá que sudar y perder calor por evaporación para eliminar parte de las 68 kcal / h (79.1 W) restantes de calor metabólico si el  $t_{adb}$  está a menos de 5.5 ° C por debajo de  $t_{sk}$  **[Goldman 1981]**.

La capa de aire quieto se reduce aumentando el movimiento del aire, alcanzando un valor mínimo de aproximadamente 0.2 clo a velocidades del aire superiores a 4.5 m/s. A esta velocidad del viento, se pueden eliminar 68 kcal/ h (79.1 W) de la piel sin sudar a una temperatura del aire de solo 1.4 ° C por debajo de la temperatura de la piel, es decir,  $68 / (10 / 0.2) = 1.4$  ° C.

Los estudios de los materiales de la ropa han llevado a la conclusión de que el aislamiento proporcionado por la ropa es generalmente una función lineal de su grosor. Las diferencias en las fibras o el tejido solo tienen efectos muy pequeños en el aislamiento, a menos que afecten directamente el grosor o la permeabilidad

al vapor o al aire del tejido. La función de las fibras es mantener un espesor dado de aire quieto en la tela y bloquear el intercambio de calor. Las fibras son más conductoras que aislantes; El aumento de la densidad de la fibra (como cuando se intenta colocar dos calcetines en una bota que se ha dimensionado para ajustarse correctamente con un calcetín) puede aumentar el aislamiento proporcionado **[Goldman 1981]**.

El valor típico para el aislamiento de la ropa es 1.57 clo / cm de espesor (4 clo · pulgada-1). Es difícil extender esta generalización a capas de tela muy delgadas o prendas como la ropa interior, que simplemente pueden ocupar una capa de aire inmóvil existente de no más de 0,5 cm de espesor. Estas capas delgadas muestran poca contribución al aislamiento intrínseco de la ropa, a menos que haya **(a)** "acción de bombeo" de las capas de la ropa por el movimiento del cuerpo (circulación de aire a través y entre las capas de la ropa debido al movimiento del cuerpo); **(b)** compresión de la ropa por la presión de otra ropa, por objetos en contacto con el cuerpo o por el viento externo; o **(c)** penetración de parte del viento (en función de la permeabilidad al aire de la tela de recubrimiento exterior) en la capa de aire atrapado **[ASHRAE 1981b; Goldman 1981; McCullough y col. mil novecientos ochenta y dos]**. La Tabla 2.1 enumera el aislamiento intrínseco contribuido al agregar cada uno de los artículos enumerados de los conjuntos de ropa típicos. El aislamiento intrínseco total no es la suma de los elementos individuales, sino el 80% de su valor de aislamiento total; esto permite una pérdida promedio del 20% de la suma de los elementos individuales para tener en cuenta la compresión de una capa en la siguiente. Esta reducción promedio del 20% es una aproximación, que depende en gran medida de factores como la naturaleza de la fibra, el tejido, el peso de la tela, el uso de espuma u otras capas no fibrosas, y el ajuste y corte de la ropa.

**En resumen**, el aislamiento es generalmente una función del grosor del conjunto de ropa, y esto, a su vez, generalmente es una función del número de capas de ropa. Por lo tanto, cada capa adicional de ropa, si no se comprime, aumentará el aislamiento total. Es por eso que la mayoría de los conjuntos de ropa de protección de dos capas exhiben características de aislamiento bastante similares y la mayoría de los sistemas de tres capas son comparables, independientemente de algunas diferencias bastante importantes en el tipo de fibra o tela **[Goldman 1981]**.

Debido a que la ropa puede aislar significativamente al usuario del ambiente

externo y atrapar el calor del cuerpo debido al aislamiento o la baja permeabilidad, la influencia térmica de la ropa ha llevado al desarrollo de factores de ajuste de la ropa que pueden usarse para determinar el estrés térmico general de la ropa del portador. Un ejemplo de ajustes para las propiedades térmicas de la ropa aparece en la Tabla 2.1.

Como se puede ver en la Tabla 2.1, se pueden hacer ajustes al estrés térmico total para una variedad de ropa y EPP. Esta tabla es útil para determinar el estrés por calor total que se le impone al trabajador que usa estos o similares tipos de ropa. Hay listas más completas disponibles en la literatura o en las pautas de ACGIH.

**Tabla 2.1 Valores de aislamiento de clo para conjuntos de ropa típicos**

Conjunto de ropa	Id	
	Clo	$M^{2\circ}CW^{-1}$
Calzoncillos, overoles, calcetines, zapatos	0.7	0.11
Calzoncillos, camisas, pantalones, medias, zapatos.	0.75	0.115
Calzoncillos, camisas, monos, calcetines, zapatos.	0.8	0.125
Calzoncillos, camisa, pantalones, chaqueta ligera, calcetines, zapatos.	0.85	0.135
Calzoncillos, camisas, pantalones, batas, calcetines, zapatos.	0.9	0.14
Calzoncillos, camiseta de manga corta, camisa, pantalón, chaqueta ligera, calcetines, zapatos.	1	0.155
Calzoncillos, camiseta de manga corta, camisa, pantalones, overoles, calcetines, zapatos.	1.1	0.17
Camisa y pantalones largos de ropa interior, chaqueta gruesa, pantalones, calcetines, zapatos.	1.2	0.185
Calzoncillos, camiseta de manga corta, camisa, pantalón, chaqueta ligera, chaqueta gruesa, calcetines, zapatos.	1.25	0.19
Calzoncillos, camiseta de manga corta, overoles, chaqueta y pantalones gruesos, calcetines, zapatos.	1.4	0.22
Calzoncillos, camiseta de manga corta, pantalones, chaqueta ligera, chaqueta y pantalones gruesos, calcetines, zapatos.	1.55	0.225
Calzoncillos, camiseta interior de manga corta, pantalones, chaqueta ligera, chaqueta y mono exterior acolchado pesado, calcetines, zapatos.	1.85	0.285
Calzoncillos, camiseta interior de manga corta, pantalones, chaqueta, chaqueta y overol acolchados y gruesos, calcetines, zapatos, gorra, guantes.	2	0.31
Camisa y pantalones largos de ropa interior, chaqueta y pantalones gruesos, parka con acolchado grueso, overol con acolchado grueso, calcetines, zapatos, gorra, guantes.	2.55	0.395

**Adapted from the International Organization for Standardization (ISO) [2007].**

- **Permeabilidad de la ropa y pérdida de calor por evaporación**

La transferencia de calor por evaporación a través de la ropa tiende a verse afectada linealmente por el grosor del conjunto. El índice de permeabilidad a la humedad ( $i_m$ ) es una unidad adimensional con un valor límite inferior teórico de 0 para una capa impermeable al vapor y al aire y un valor superior de 1 si toda la humedad que el ambiente puede absorber (en función de la presión de vapor de aire ambiental y la permeabilidad de la tela) pueden pasar a través de la tela. Dado que la transferencia de vapor de humedad es un proceso de difusión limitado por el valor característico de la difusión de humedad a través del aire inmóvil, los valores de acercamiento a 1 deben encontrarse solo con viento fuerte y ropa delgada [NIOSH 2016,3].

**Tabla 2.2 Factores de ajuste por tipo de ropa.**

Conjunto	Comentario	CAV [° C-WBGT]
Ropa de trabajo.	La ropa de trabajo hecha de una tela tejida es el conjunto de referencia.	0
Overoles de tela.	Tejido que incluye algodón tratado.	0
Overoles SMS no tejidos como una sola capa.	Un proceso no patentado para hacer telas no tejidas de polipropileno.	0
Overol de poliolefina no tejido como una sola capa	Una tela patentada hecha de polietileno.	2
Delantal de barrera de vapor con mangas largas y largo sobre overoles de tela	La configuración envolvente del delantal fue diseñada para proteger el frente y los lados del cuerpo contra derrames de agentes químicos.	4
Doble capa de ropa tejida	Generalmente se toma como overoles sobre ropa de trabajo.	3
Overoles con barrera de vapor como una sola capa, sin capucha	El efecto real depende del nivel de humedad y en muchos casos el efecto es menor.	10
Overoles de barrera de vapor con capucha como una sola capa	El efecto real depende del nivel de humedad y en muchos casos el efecto es menor.	11
Barrera de vapor sobre overoles de tela, sin capucha	-	12
Capucha*	Usar una capucha de cualquier tela con cualquier conjunto de ropa.	+1

**Adaptado de ISO 7243:2017. Anexo F.**

Un valor ( $i_m$ ) típico para la mayoría de los materiales de la ropa en el aire quieto es inferior a 0,5 (por ejemplo,  $i_m$  oscilará entre 0,45 y 0,48). El tratamiento repelente al agua, los tejidos muy ajustados y las impregnaciones de protección química pueden reducir significativamente el valor  $i_m$ . Sin embargo, incluso las capas impermeables rara vez reducen el valor  $i_m$  a cero, ya que se establece un ciclo interno de evaporación-condensación entre la superficie de la piel y la superficie interna de la capa impermeable, que transfiere efectivamente algo de calor de la piel a la barrera de vapor. Esta derivación, al pasar calor a través de las capas de aislamiento que intervienen, puede reflejarse como un valor  $i_m$  de aproximadamente 0,08, incluso para una prenda de vestir totalmente impermeable **[NIOSH 2016,3]**.

Se ha encontrado que muy pocos tratamientos con fibra mejoran el valor del índice ( $i_m$ ) de las capas de tela; Los tensioactivos, que aumentan el número de radicales hidroxilo (OH) libres en la superficie de la fibra o que de alguna manera mejoran la absorción, parecen aumentar el valor  $i_m$  de un tejido. Sin embargo, el calor evaporativo final transferido desde la piel a través de la ropa y las capas de aire externas al medio ambiente no es simplemente una función del  $i_m$  sino una función del índice de permeabilidad-índice de aislamiento ( $i_m / clo$ ). El intercambio máximo de calor por evaporación con el medio ambiente se puede estimar para la  $H_R + C$  de un "hombre estándar" con 1.8 m<sup>2</sup> de superficie, como:

$$HE_{m\acute{a}x} = 10 i_m / clo \times 2.2 (P_{sk} - P_a)$$

La constante 2.2 es el número de Lewis;  $P_{sk}$  es la presión de vapor de agua del sudor (agua) a la temperatura de la piel ( $t_{sk}$ ); y  $P_a$  es la presión de vapor de agua del aire ambiente a temperatura del aire,  $t_a$ . Por lo tanto, la transferencia de evaporación máxima tiende a ser una función inversa lineal del aislamiento, si no se degrada más por varios tratamientos de protección, que van desde la impermeabilidad total hasta los tratamientos repelentes al agua **[Goldman 1973, 1981, 1985a]**. El número de Lewis se deriva de la fracción de humectación de la piel, calor latente y transferencia de calor por evaporación ( $h_e$ ).

- **Problemas fisiológicos de la ropa**

El porcentaje del área superficial de la piel ( $w$ ) humedecida por el sudor necesaria para eliminar la cantidad requerida de calor del cuerpo por evaporación puede estimarse simplemente como la relación del enfriamiento evaporativo requerido ( $E_{req}$ ) y la capacidad máxima de absorción de vapor de agua del ambiente aire ( $E_{max}$ ). Una piel totalmente mojada = 100%.

$$w = E_{\text{req}} / E_{\text{max}}$$

Tener un poco de piel mojada por el sudor no es incómodo; de hecho, un poco de sudoración durante el ejercicio con calor aumenta la comodidad. A medida que la extensión de la piel humedecida con sudor se aproxima al 20%, comienza a notarse la sensación de incomodidad. El malestar es marcado y pueden aparecer disminuciones de rendimiento con una humectación de entre el 20% y el 40% de la superficie del cuerpo; los decrementos de rendimiento se notan cada vez más a medida que se acerca el 60%**w**. El sudor comienza a desperdiciarse, goteando en lugar de evaporarse al 70%; La tensión fisiológica se marca entre 60% y 80% **w**. Los aumentos de **w** superiores al 80% dan como resultado una tolerancia limitada, incluso para trabajadores jóvenes en buena condición física y aclimatados al calor. Los argumentos anteriores indican que cualquier ropa de trabajo protectora presentará algunas limitaciones en la tolerancia, ya que con **la** más **lclo** rara vez está por debajo de 2.5 clo, sus proporciones im / clo rara vez están por encima de 0.20 [**Goldman 1985b**].

La tensión fisiológica que surge con el uso de ropa, la transferencia de calor y el trabajo se puede estimar a partir de ecuaciones que describen la competencia por la sangre bombeada por el corazón. El **gasto cardíaco (CO)** es el **volumen sistólico (SV)** (o volumen de sangre bombeada por latido) multiplicado por la frecuencia cardíaca (**FC**) en latidos por minuto (**CO = SV × FC**). El gasto cardíaco aumenta esencialmente linealmente con el aumento del trabajo; El proceso de limitación de la velocidad del metabolismo es la velocidad máxima de suministro de oxígeno al músculo en funcionamiento a través del suministro de sangre. Se expresa en litros por minuto (L / min). En el estrés por calor, este suministro total de sangre debe dividirse entre *los músculos activos y la piel donde se produce el intercambio de calor*. En esta consideración, es importante darse cuenta de que no todo el CO se desvía a los músculos y la piel. Otros sistemas de órganos también deben recibir sangre oxigenada durante el ejercicio, especialmente el cerebro, el corazón y las vísceras [**McArdle et al. 2010a**].

**SV** alcanza rápidamente un valor constante para una intensidad de trabajo dada. Por lo tanto, la intensidad del trabajo (es decir, la tasa de oxígeno entregado a los músculos que trabajan) está esencialmente indicada por la **FC**; La FC máxima del trabajador individual limita la capacidad de continuar trabajando. Las condiciones que impiden el retorno de la sangre desde la circulación periférica para llenar el corazón entre latidos afectarán la capacidad de trabajo.

La **FC** máxima alcanzable es una función de la edad y se puede estimar aproximadamente por esta relación: 220 latidos por minuto (lpm) menos la edad en años [**Hellon y Lind 1958; Drinkwater y Horvath 1979**]. Dado un **FC** equivalente en reposo (por ejemplo, 60 lpm), la **FC** de un trabajador de 20 años tiene la capacidad de aumentar en 140 lpm, es decir,  $(220-20) -60$ , mientras que un trabajador de 60 años puede aumentar su **FC** solo 100 lpm, es decir,  $(220-60) -60$ . Debido a que las demandas de una tarea específica serán más o menos las mismas para las personas de 20 y 60 años que pesan lo mismo y realizan la misma cantidad de trabajo físico, la disminución de la **FC** máxima alcanzable con la edad aumenta tanto lo percibido como lo real relativa tensión fisiológica del trabajo en el trabajador mayor. Dado lo anterior, es preferible usar un porcentaje de la  $FC_{m\acute{a}x}$  de la persona en lugar de referirse a una **FC** absoluta específica como objetivo para el trabajo.

La capacidad de transferir el calor producido por la actividad muscular desde el núcleo del cuerpo a la piel también es una función del **CO**. La sangre que pasa a través de los tejidos del núcleo del cuerpo se calienta por el calor del metabolismo durante el descanso y el trabajo. El requisito básico es que la temperatura de la piel (**tsk**) debe mantenerse al menos  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) por debajo de la temperatura corporal profunda (**tre**) si la sangre que llega a la piel se enfría antes de regresar al núcleo del cuerpo. El calor transferido a la piel está limitado, en última instancia, por el **CO** y por el grado en que **tsk** puede mantenerse por debajo de **tre**.

El **tre** de un trabajador es una función de la producción de calor metabólico (**M**) ( $\text{tre} = 36.7 + 0.004M$ ), siempre que no haya restricciones en la pérdida de calor por evaporación y convección por la ropa, altas presiones de vapor ambiental o muy bajo movimiento de aire; por ejemplo, en reposo, si  $M = 105W$ , **tre** es aproximadamente  $37.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $98.8\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Normalmente, bajo las mismas condiciones de evaporación ilimitada, las temperaturas de la piel están por debajo de **tre** en aproximadamente  $3.3\text{ }^{\circ}\text{C} + (0.006M)$ ; así, en reposo, cuando **tre** es  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la **tsk** correspondiente es aproximadamente  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ , es decir,  $37 - (3.3 + 0.6)$ . Esta diferencia de  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre **tre** y **tsk** indica que, en reposo, cada litro de sangre que fluye del cuerpo profundo a la piel puede transferir aproximadamente 4,6 vatios o 4 kcal de calor a la piel. Dado que **tre** aumenta y **tsk** disminuye por la evaporación del sudor con el aumento de **M**, normalmente se hace más fácil eliminar el calor corporal al aumentar el trabajo, ya que la diferencia entre **tre** y **tsk** aumenta en aproximadamente  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) por 100 vatios (86 kcal) de aumento en **M** (es decir, **tre** encima de  $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0.7\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) y **tsk** abajo  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $1.1\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) por 100 vatios de **M**). Por lo tanto, con un trabajo duro sostenible ( $M = 500$  vatios o 430

kcal/ h), cada litro de sangre que fluye del núcleo a la piel puede transferir 9 kcal (10.5 W) a la piel, que es 2.5 veces más que en reposo [Goldman 1973, 1985a].

El trabajo bajo una condición de estrés por calor crea una competencia por el **CO**, particularmente porque los vasos sanguíneos en la piel se dilatan al máximo y se devuelve menos sangre a la circulación central. Gradualmente, hay menos sangre disponible en el retorno venoso para llenar completamente el corazón entre latidos, lo que hace que disminuya el **SV**; por lo tanto, los recursos humanos deben aumentar para mantener el mismo **CO**. Para estar en forma, los trabajadores jóvenes, el trabajo promedio de recursos humanos debe limitarse a aproximadamente 110 lpm si se va a completar un turno laboral de 8 horas; se debe mantener una **FC** promedio de 140 lpm por no más de 4 horas, y una **FC** promedio de 160 lpm por no más de 2 horas [Brouha 1960]. Si la intensidad del trabajo resulta en una **FC** superior a estos valores, entonces la intensidad del trabajo debería reducirse. Por lo tanto, el calor agregado a las demandas del trabajo rápidamente genera problemas, incluso en trabajadores jóvenes y saludables. Estos problemas se amplifican si el volumen de sangre circulante se reduce como resultado de una ingesta inadecuada de agua para reemplazar las pérdidas de sudor, que pueden promediar un litro por hora durante un turno laboral de 8 horas, o por vómitos, diarrea o diuresis.

El punto de crisis, el agotamiento por calor y el colapso, es una manifestación de suministro inadecuado de sangre al cerebro; Esto ocurre cuando el **CO** se vuelve inadecuado debido al retorno insuficiente de sangre desde la periferia para llenar el corazón para cada latido o debido al tiempo inadecuado entre latidos para llenar el corazón a medida que la **FC** se acerca a su máximo.

La ropa interfiere con la pérdida de calor de la piel, y la temperatura de la piel aumenta previsiblemente con el aumento de la ropa. Debido al aumento inducido por el aislamiento en tsk y la capacidad limitada resultante de disipar el calor que se ha transferido del núcleo a la piel, la temperatura del núcleo (tre) también aumenta cuando se usa ropa. Otro tipo de interferencia con la pérdida de calor de la piel surge cuando se requiere la evaporación del sudor para enfriar el cuerpo (es decir, cuando  $M + HR + C > O$ ), pero está limitado por la alta presión de vapor de agua ambiental, bajo viento o bajo índice de permeabilidad de la ropa (im / clo).

A medida que **Ereq** se acerca a **E<sub>max</sub>**, la temperatura de la piel aumenta dramáticamente y la temperatura corporal profunda comienza a aumentar rápidamente. Las temperaturas corporales profundas superiores a 38.0 ° C (100.4

° F) se consideran indeseables para un trabajador promedio. El riesgo de colapso por agotamiento por calor es de aproximadamente el 25% a una temperatura corporal profunda de 39.2 ° C (102.6 ° F), asociada con una temperatura de la piel de 38 ° C (100.4 ° F) (es decir, tsk que converge hacia tre y se acerca 1 ° C [1.8 ° F] diferencia limitante donde un litro de sangre puede transferir solo 1 o 2 kcal/ h1 [1.16 W o 2.33 W] a la piel). En un tsk similarmente elevado donde tre es 39.5 ° C (103.1 ° F), existe un riesgo aún mayor de colapso por agotamiento por calor, y cuando **tre** se acerca a 40 ° C (104 ° F), con temperaturas elevadas de la piel, la mayoría de las personas están en peligro inminente de enfermedades relacionadas con el calor. Finalmente, los niveles de tre superiores a 41 ° C (105.8 ° F) están asociados con un golpe de calor, una emergencia médica grave que pone en peligro la vida. La competencia por el **CO** se ve exacerbada por la deshidratación (SV limitada), la edad (FC máxima limitada) y la aptitud física reducida (CO comprometido). Estas temperaturas corporales profundas que limitan el trabajo y potencialmente graves se alcanzan más rápidamente cuando están involucradas combinaciones de estos tres factores.

Como se indica en las declaraciones anteriores, la producción máxima de trabajo puede verse sustancialmente degradada por casi cualquier ropa protectora que se use durante el trabajo pesado en ambientes moderadamente fríos o las bajas intensidades de trabajo en condiciones calientes, debido a que la ropa interfiere con la eliminación del calor. También es probable que el estrés por calor aumente con cualquier conjunto de protección de dos capas o cualquier sistema eficaz de barrera de vapor de una capa para la protección contra productos tóxicos, a menos que se proporcione alguna forma de enfriamiento auxiliar [**Goldman 1973, 1985a**].

## 2.3. EFECTOS BIOLÓGICOS DEL CALOR

### 2.3.1 Respuestas fisiológicas al calor

- **El sistema nervioso central [NIOSH 2016,4]**

El sistema nervioso central es responsable de la organización integrada de la termorregulación. Se cree que el hipotálamo es el asiento principal de control del sistema nervioso central. Históricamente, en términos generales, se ha considerado que el **hipotálamo anterior** funciona como un integrador y “termostato”, mientras que el **hipotálamo posterior** proporciona un “punto de ajuste” de la temperatura central o profunda del cuerpo e inicia las respuestas fisiológicas apropiadas para mantener la temperatura corporal en ese punto de ajuste si la temperatura central cambia.

Según este modelo, el hipotálamo anterior recibe la información de receptores sensibles a los cambios de temperatura en la piel, los músculos, el estómago,

otros tejidos del sistema nervioso central y en otros lugares. Además, el hipotálamo anterior en sí contiene neuronas que responden a los cambios en la temperatura de la sangre arterial que sirve a la región. Las neuronas responsables de la transmisión de la información de temperatura utilizan monoaminas, entre otros neurotransmisores; Esto se ha demostrado en animales **[Cooper et al. 1982]**. Estos transmisores de monoaminas son importantes para el paso de información apropiada al hipotálamo posterior. Se sabe que el punto de ajuste en el hipotálamo posterior está regulado por intercambios iónicos. Sin embargo, la hipótesis del punto de ajuste ha generado una controversia considerable **[Greenleaf 1979]**. El problema con la noción de un punto de ajuste es que **(1)** una región neuroanatómica que controla el punto de ajuste nunca se ha identificado y **(2)** las respuestas fisiológicas al calor no pueden explicarse por la noción de un punto de ajuste. En la actualidad, parece que la región hipotalámica sí integra el tráfico neuronal de los termorreceptores e integra una respuesta fisiológica a un aumento de la temperatura. Sin embargo, los datos actuales sugieren que el hipotálamo controla la temperatura dentro de un llamado umbral inter-térmico (rango de temperaturas alrededor de una media con la que no se produce respuesta fisiológica). *Las respuestas fisiológicas ocurren solo cuando la temperatura se mueve más allá de los "umbrales" para provocar sudoración o termogénesis y la respuesta vasomotora apropiada (es decir, vasoconstricción o vasodilatación)* **[Mekjavic y Eiken 2006]**. La relación de iones sodio a calcio también es importante en la termorregulación. La concentración de iones de sodio en la sangre y otros tejidos puede alterarse fácilmente con el ejercicio y la exposición al calor.

Cuando se activa un tren de tráfico neuronal desde el hipotálamo anterior al posterior, es razonable suponer que una vez que se activa una vía "caliente", inhibirá la función de la vía "fría" y viceversa. Sin embargo, hay una multiplicidad de entradas neuronales en todos los niveles en el sistema nervioso central, y existen indudablemente muchos "bucles" neuronales complicados.

La investigación actual sugiere que, en lugar de la noción histórica de un punto de ajuste, la entrada neural en el hipotálamo se integra en una respuesta que puede describirse como "inhibidor cruzado".

En otras palabras, cuando las entradas neurales de los termorreceptores calientes en la piel son dominantes, la respuesta integrada da como resultado un aumento de la sudoración y la vasodilatación cutánea, al tiempo que inhibe

simultáneamente la termogénesis y viceversa [Mekjavic y Eiken 2006]. Paradójicamente, cuando sea apropiado, la temperatura corporal central aumentará y se regulará a un nivel más alto para mantener un aumento en la pérdida de calor, al mantener un gradiente térmico entre la temperatura corporal central y la temperatura de la piel para la transferencia de calor al medio ambiente. [Taylor y col. 2008]. Aunque esta discusión se centra en el papel del hipotálamo anterior en el estrés por calor y las lesiones, hay muchos otros factores que influyen en el hipotálamo anterior y el control del equilibrio térmico. Estos factores incluyen las hormonas tiroideas y reproductivas, los iones del líquido cefalorraquídeo (LCR) y la osmolalidad, la glucosa y el aporte de otras regiones del cerebro relacionadas con la excitación, la variación circadiana y la función menstrual [Kandel y Schwartz 2013].

Una pregunta que debe abordarse es la diferencia entre una temperatura corporal fisiológicamente elevada y una fiebre; se considera que el punto de ajuste está elevado, según lo determinado por el hipotálamo posterior. Al comienzo de la fiebre, el cuerpo invoca mecanismos de conservación del calor (como temblores y vasoconstricción cutánea) para elevar la temperatura corporal a su nueva temperatura estable regulada [Cooper et al. 1982]. En contraste, durante el ejercicio en celo, que puede resultar en un aumento de la temperatura corporal, la temperatura corporal aumenta a un nuevo nivel estable donde está regulado por el hipotálamo, y solo se invocan mecanismos de disipación de calor. Una vez que se induce la fiebre, la temperatura corporal elevada parece estar normalmente controlada por los procesos fisiológicos habituales en torno a su nuevo y más alto nivel regulado [Taylor et al. 2008].

#### ▪ **Actividad muscular y capacidad de trabajo [NIOSH 2016,4]**

Los músculos son, con mucho, el grupo más grande de tejidos en el cuerpo, representando alrededor del 45% del peso corporal. El esqueleto óseo, en el que operan los músculos para generar sus fuerzas, representa un 15% adicional del peso corporal. El esqueleto óseo es relativamente inerte en términos de producción de calor metabólico. Incluso en reposo, los músculos producen alrededor del 20% al 25% de la producción total de calor del cuerpo [Rowell 1993]. La cantidad de calor metabólico producido en reposo es bastante similar para todos los individuos cuando se expresa por unidad de superficie o de peso corporal magro o sin grasa. Por otro lado, el calor producido por los músculos durante el ejercicio puede ser mucho mayor y debe disiparse si se desea mantener un equilibrio térmico. La carga de calor del metabolismo es, por lo tanto, muy variable, y trabajar en ambientes calurosos (lo que impone su propia carga de calor o restringe la disipación de calor) plantea el mayor desafío para la termorregulación normal [Parsons 2003].

La proporción de la capacidad aeróbica máxima ( $VO_2$  máx.) necesaria para realizar un trabajo específico es importante por varias razones. Primero, el sistema cardiovascular debe responder con un aumento de CO, que, a niveles de trabajo de hasta aproximadamente 40% de  $VO_2$  máx., se produce por un aumento tanto en SV como en HR. Cuando se alcanza el SV máximo, se pueden lograr aumentos adicionales en CO únicamente mediante el aumento de la FC hasta que se alcance la FC máxima **[McArdle et al. 1996b; Taylor y col. 2008]**. Estos cambios en la respuesta cardiovascular al ejercicio son responsables de proporcionar suficiente flujo sanguíneo al músculo para permitir el aumento del trabajo muscular **[McArdle et al. 1996b]**. Otras complejidades surgen cuando se mantienen altas intensidades de trabajo durante largos períodos, particularmente cuando el trabajo se lleva a cabo en entornos cálidos **[Åstrand et al. 2003]**. En segundo lugar, la actividad muscular se asocia con un aumento en la temperatura muscular, que luego se asocia con un aumento en la temperatura central, con influencias concomitantes en los controles termorreguladores. Tercero, a altos niveles de ejercicio, incluso en un ambiente templado, el suministro de oxígeno a los tejidos puede ser insuficiente para satisfacer completamente las necesidades de oxígeno de los músculos que trabajan **[Taylor et al. 2008]**.

En condiciones más cálidas, un suministro adecuado de oxígeno a los tejidos puede convertirse en un problema incluso a intensidades de trabajo moderadas debido a la competencia por la distribución de sangre entre el músculo que trabaja y la piel **[Rowell 1993]**. Debido a la falta de oxígeno, los músculos activos deben comenzar a aprovechar sus reservas anaeróbicas, derivando energía de la oxidación del glucógeno en los músculos **[McArdle et al. 1996b]**. Eso conduce a la acumulación de ácido láctico, que puede estar asociado con el desarrollo de fatiga muscular. A medida que aumenta la proporción de  $VO_2$  máx., el metabolismo anaeróbico supone una proporción relativamente mayor del metabolismo muscular total. Una "deuda" de oxígeno ocurre cuando se requiere oxígeno para metabolizar el ácido láctico que se acumula en los músculos. Esta deuda debe pagarse durante el período de descanso. En ambientes calurosos, el período de recuperación se prolonga ya que tanto el calor como el ácido láctico almacenado en el cuerpo deben eliminarse y la pérdida de agua debe reponerse. En general, se puede alcanzar fácilmente un estado euhidratado (hidratación normal) con el consumo normal ad libitum de bebidas no alcohólicas **[Montain y Cheuvront 2008]**. Sin embargo, si una persona consume bebidas alcohólicas después de un largo día de trabajo caliente, las propiedades diuréticas del alcohol

pueden causar deshidratación [**Schuckit 2011**]. Esto puede retrasar el regreso a una condición euhidratada hasta el día siguiente. También hay componentes llamados alactato (ausencia de acumulación de ácido láctico) para la deuda de oxígeno y el proceso de recuperación. Algunos de estos componentes de alactato implican que la sangre regrese a los pulmones después de la distribución al músculo, la liberación de oxígeno unido a la mioglobina, los efectos residuales de las hormonas termogénicas (epinefrina, noradrenalina, tiroxina y glucocorticoides) y la reposición de trifosfato de adenosina (ATP) y fosfato de creatina (PCr) dentro de las células musculares [**McArdle et al. 2010a**].

Está bien establecido que en una amplia gama de ambientes fríos a cálidos, 5 ° C a 29 ° C (41 ° F – 84.2 ° F), la temperatura corporal profunda aumenta durante el ejercicio a un valor de equilibrio similar en sujetos que hacen ejercicio al mismo proporción de VO<sub>2</sub> máx. [**Lind 1976, 1977**]. Sin embargo, dos personas que hagan el mismo trabajo y trabajen con el mismo nivel de carga absoluta que tengan valores máximos de VO<sub>2</sub> muy diferentes tendrán temperaturas centrales bastante diferentes. Las recomendaciones actuales para una proporción aceptable de VO<sub>2</sub> max para el trabajo industrial diario varían del 30% al 40% del VO<sub>2</sub> max, que, en un ambiente confortablemente fresco [**Åstrand et al. 2003**], se asocia con temperaturas rectales de, respectivamente, 37,4 ° C a 37,7 ° C (99,3 ° F – 99,9 ° F), mientras que el trabajo al 50% de VO<sub>2</sub> máx. produce una temperatura rectal de 38 ° C (100,4 ° F) en ausencia de estrés por calor.

Además de la variabilidad relacionada con el sexo y la edad, la variabilidad interindividual de VO<sub>2</sub> max es alta; en una población de trabajadores diversa, el rango de VO<sub>2</sub> máx. que incluye 95 de cada 100 individuos es  $\pm 20\%$  del valor medio de VO<sub>2</sub> máx. Las diferencias en el peso corporal (particularmente la masa muscular) pueden representar aproximadamente la mitad de esa variabilidad, pero no se ha identificado la fuente de la variación restante. La edad se asocia con una reducción en el VO<sub>2</sub> máx. después de su pico aproximadamente a los 20 años de edad; En individuos sanos, el VO<sub>2</sub> máx cae en casi un 10% cada década después de los 30 años. La disminución con la edad es menor en individuos que han mantenido un mayor grado de condición física. El promedio máximo de VO<sub>2</sub> de las mujeres es aproximadamente el 70% de los de los hombres en el mismo grupo de edad, debido a la menor masa muscular absoluta, mayor contenido de grasa corporal y menor concentración de hemoglobina [**Åstrand y Rodahl 1977; Åstrand y col. 2003**].

Muchos factores afectan la temperatura corporal profunda cuando hombres y mujeres de diferentes pesos corporales, edades y capacidades de trabajo hacen el mismo trabajo.

Otras fuentes de variabilidad cuando las personas trabajan en ambientes calurosos son las diferencias en la capacidad del sistema circulatorio, la producción de sudor y la capacidad de regular el equilibrio de electrolitos, cada uno de los cuales puede ser grande.

La capacidad de trabajo se reduce de forma limitada en entornos cálidos si la temperatura corporal se eleva. Esa reducción se hace mayor a medida que aumenta la temperatura corporal. El VO<sub>2</sub> max no se reduce por la deshidratación en sí misma (a excepción de la deshidratación severa), por lo que su reducción en ambientes calientes parece ser principalmente una función de la temperatura corporal. La temperatura central debe estar por encima de 38 ° C (100.4 ° F) antes de que se note una reducción; sin embargo, una temperatura rectal de aproximadamente 39 ° C (102.2 ° F) puede resultar en una reducción de VO<sub>2</sub> máx.

La capacidad para el ejercicio prolongado de intensidad moderada en ambientes calurosos se ve afectada negativamente por la deshidratación, que puede estar asociada con una reducción de la producción de sudor y un aumento concomitante de la temperatura rectal y la HR. Si la carga de calor total y la tasa de sudoración son altas, es cada vez más difícil reemplazar el agua perdida en el sudor (750–1,000 mL / h). El mecanismo de la sed, por lo general, no es lo suficientemente fuerte como para llevarlo a beber las grandes cantidades de agua necesarias para reemplazar el agua perdida en el sudor **[DOD 2003]**. La evidencia muestra que a medida que aumenta la temperatura corporal en un ambiente de trabajo caluroso, la resistencia disminuye.

La función cognitiva de las personas expuestas a la actividad física en un ambiente caluroso puede aumentar, disminuir o cambiar muy poco **[O'Neal y Bishop 2010]**. Si la función cognitiva se ve afectada a medida que aumenta el estrés por calor ambiental, la psicomotricidad, la vigilancia y otras tareas psicológicas experimentales pueden mostrar una disminución en el rendimiento **[Givoni y Rim 1962; Ramsey y Morrissey 1978; Hancock 1981, 1982; Marg 1983]**. La disminución en el rendimiento puede estar relacionada, al menos en parte, con aumentos en la temperatura central y la deshidratación. En algunos casos de agotamiento por calor, la temperatura rectal se eleva al rango de 38.5 ° C a 39.0 ° C (101.3 ° F – 102.2 ° F) y la actividad desorganizada del sistema nervioso central, como lo demuestra la función motora deficiente, confusión, irritabilidad aumentada, visión borrosa y cambios en la personalidad están presentes. Estas observaciones han provocado la sugerencia no comprobada de que la reducción

del suministro de oxígeno al cerebro, llamada anoxia cerebral, puede ser responsable [Macpherson 1960; Leithead y Lind 1964; Hancock 1982].

- **Regulación circulatoria [NIOSH 2016,4]**

El sistema nervioso autónomo y el sistema endocrino controlan la asignación del flujo sanguíneo entre los sistemas de órganos competidores. El sistema circulatorio suministra oxígeno y nutrientes a todos los tejidos y transporta metabolitos no deseados y calor de los tejidos. Sin embargo, a medida que continúa el trabajo en celo, el corazón llega a un punto en el que no puede proporcionar suficiente CO para satisfacer las necesidades máximas de todos los sistemas de órganos del cuerpo y la necesidad de disipar el calor corporal.

Durante el ejercicio, la vasoconstricción circulatoria simpática generalizada ocurre inicialmente en todo el cuerpo, incluso en el lecho cutáneo. El aumento del suministro de sangre a los músculos activos está garantizado por la acción de sustancias vasodilatadoras producidas localmente, que también inhiben (en los vasos sanguíneos que suministran los músculos activos) el aumento de la actividad vasoconstrictora simpática. En lechos vasculares inactivos, existe una vasoconstricción progresiva con la severidad del ejercicio. Esto es particularmente importante en el gran lecho vascular en los órganos digestivos, donde la venoconstricción también permite el retorno de la sangre secuestrada en su gran lecho venoso, lo que permite agregar hasta un litro de sangre al volumen circulante [Rowell 1977, 1993].

Si surge la necesidad de disipar el calor, el sistema nervioso autónomo reduce el tono vasoconstrictor del lecho vascular cutáneo, seguido de dilatación "activa" por un mecanismo desconocido. El mecanismo de sudoración y un factor crítico desconocido que causa la dilatación importante de los vasos sanguíneos periféricos en la piel son mutuamente responsables de la gran capacidad termorreguladora de los humanos en el calor.

Cuando los individuos están expuestos a un trabajo continuo a altas proporciones de **VO<sub>2</sub> máx.** o al trabajo continuo a intensidades más bajas en entornos cálidos, la presión de llenado cardíaco permanece relativamente constante, pero el volumen sanguíneo venoso central disminuye a medida que los vasos cutáneos se dilatan. El **SV** cae gradualmente y la **FC** debe aumentar para mantener el **CO**. El volumen circulatorio efectivo también disminuye, en parte debido a la deshidratación por la sudoración, y en parte a medida que el sistema

termorregulador intenta mantener una circulación adecuada a los músculos y la piel en ejercicio [Rowell 1977].

Una de las funciones más importantes del sistema cardiovascular en la termorregulación es la circulación de sangre tibia desde el núcleo del cuerpo hacia la piel para la transferencia de calor al medio ambiente. Cuando el cuerpo está en reposo, en ausencia de tensión por calor, el flujo sanguíneo de la piel es de aproximadamente 200 a 500 ml / min, pero puede aumentar hasta 7 – 8 L / min cuando está bajo tensión por calor. El flujo sanguíneo de la piel responde a los cambios en la temperatura central del cuerpo y se requiere para movilizar sangre tibia desde el núcleo del cuerpo hacia la periferia para transferir calor al medio ambiente [Taylor et al. 2008]. Sin embargo, la redistribución del flujo sanguíneo a la piel da como resultado una disminución correspondiente en el flujo sanguíneo esplácnico, renal y muscular. Durante el ejercicio en el calor, se requiere sangre simultáneamente para suministrar oxígeno al músculo en funcionamiento y para transportar calor desde el núcleo del cuerpo hasta la periferia (piel). Sin embargo, el flujo sanguíneo muscular disminuye en aproximadamente un 25% bajo tensión de calor, de aproximadamente  $2.4 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  a  $2.1 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , debido al aumento de las demandas cutáneas [Taylor et al. 2008]. Esto se logra fácilmente en un individuo bien hidratado bajo estrés térmico compensable [González-Alonzo et al. 2008; Taylor y col. 2008]. En el individuo deshidratado que trabaja en el calor, el aumento de la temperatura corporal central impone estrés al sistema cardiovascular, así como al sistema termorregulador del hipotálamo [Taylor et al. 2008]. El mecanismo de redistribución de la sangre al músculo y a la circulación cutánea, en condiciones de deshidratación secundaria a la sudoración, conduce a una contracción efectiva del volumen plasmático [González-Alonzo et al. 2008]. Una disminución en un volumen plasmático efectivo puede resultar en un aumento de la frecuencia cardíaca y la demanda de oxígeno del miocardio [Parsons 2003]. Durante el estrés por calor, tanto en reposo como en ejercicio, la FC, el CO y el SV aumentan en mayor medida en una carga de trabajo determinada de lo que normalmente se observaría en condiciones termoneutral [Rowell 1993]. Sin embargo, esto no puede sostenerse indefinidamente o cuando el cuerpo se deshidrata de la sudoración o se redistribuye un flujo sanguíneo sustancial a la circulación cutánea porque reducen efectivamente el volumen de presión y, por lo tanto, SV y CO [Taylor et al. 2008].

#### ▪ El mecanismo de sudoración [NIOSH 2016,4]

En un ambiente caluroso, donde la transferencia de calor por radiación no es posible, el medio principal para la transferencia de calor al medio ambiente es la pérdida de calor por evaporación a través de la vaporización del sudor de la piel. Las glándulas sudoríparas se encuentran en abundancia en las capas externas de la piel. Son estimulados por nervios simpáticos colinérgicos y secretan una solución acuosa hipotónica sobre la superficie de la piel. Varios otros mecanismos para la transferencia de calor al medio ambiente incluyen convección, conducción y comportamiento (por ejemplo, abandonar el área, ponerse o quitarse la ropa, beber agua o modificar los controles ambientales) [Taylor et al. 2008]. En un

ambiente cálido que tiene una temperatura ambiente de bulbo húmedo de 35 ° C (95 ° F), el cuerpo en reposo puede sudar a una velocidad que resulta en una pérdida de fluido corporal de 0.8 a 1.0 L/h. Por cada litro de agua que se evapora, 2.436 kJ (580 kcal) se extraen del cuerpo y se transfieren al medio ambiente **[McArdle et al. 1996a]**. La enorme capacidad de pérdida de calor por evaporación es generalmente más que adecuada para disipar el calor metabólico generado por un sujeto en reposo (~ 315 kJ / h para un hombre de 75 kg) y con altos niveles de actividad la tasa de sudoración media en los atletas de resistencia varía de 1.5 a 2.0 L / h, lo que proporciona una capacidad de pérdida de calor por evaporación de 3,654 a 4,872 kJ que es aproximadamente 11.6-15.5 veces la cantidad de calor producido en reposo **[Gisolfi 2000]**. Esto generalmente es más que adecuado para eliminar el calor del cuerpo, incluso a niveles extremos de producción de calor metabólico.

Sin embargo, en entornos con alta humedad, aunque la sudoración continúa (aumentando el nivel de deshidratación), se inhibe la evaporación del sudor, se reduce la transferencia de calor del cuerpo y aumenta la temperatura interna del cuerpo. Por lo tanto, cuando el índice de calor es superior a 35 ° C (95 ° F), en gran parte debido a la alta humedad relativa (HR) (o con un WBGT de 33 ° C a 25 ° C [91.4 ° F a 77 ° F], dependiendo de la carga de trabajo), la pérdida de calor por evaporación es prácticamente inexistente. En consecuencia, incluso si la temperatura ambiente seca está dentro de un rango cómodo (p. Ej., 23 ° C [73.4 ° F]), la alta humedad podría resultar en una "temperatura aparente" o índice de calor lo suficientemente alto como para causar estrés por calor al trabajador posible lesión por calor **[Taylor et al. 2008]**.

La sudoración produce una deshidratación significativa, lo que conduce a una tensión térmica y cardiovascular. Las personas que se aclimatan al calor pierden agua a una velocidad máxima de 3 L / h a través del sudor y pueden perder hasta 12 L / h durante el ejercicio intenso en ambientes calurosos **[McArdle et al. 1996a]**. Por lo tanto, un problema importante que resulta del estrés por calor elevado es la necesidad de una rehidratación adecuada para reemplazar el agua perdida en el medio ambiente debido a la sudoración y reducir el riesgo de hipertermia.

Una regla general es que una disminución de 0,45 kg (1,0 lb) en el peso corporal representa una disminución de 450 ml (15,2 oz) en el agua corporal en los compartimentos extracelulares e intracelulares que debe reemplazarse por el

consumo de agua. Otra fuente de pérdida de agua corporal es el tracto respiratorio **[McArdle et al. 1996a]**. La pérdida promedio de agua del tracto respiratorio en reposo es de aproximadamente 350 ml por día en condiciones leves de calor y humedad. La pérdida de agua respiratoria también contribuirá a la deshidratación del trabajador, y la pérdida de líquido aumenta con la actividad.

Un componente importante del sudor es la sal o el cloruro de sodio. En la mayoría de las circunstancias en los Estados Unidos, no se produce fácilmente un déficit de sal porque la dieta estadounidense normal proporciona 4 gramos por día (174 mEq por día) de sodio **[Food and Nutrition Board, Institute of Medicine 2004]**. Sin embargo, el contenido de sodio del sudor en individuos no aclimatados puede variar de 10 a 70 mEq por día de sudor (0.23–1.62 g · L<sup>-1</sup>) **[Montain y Cheuvront 2008]**, mientras que para el individuo aclimatado, el sodio perdido por el sudor puede reducirse a 23 mEq / L (0.530 g / L), menos del 50% de la del individuo no aclimatado. Es posible que un individuo no aclimatado al calor que consume una dieta restringida en sal desarrolle un balance negativo de sal. En teoría, un balance de sal negativo prolongado con una gran ingesta de líquidos puede resultar en la necesidad de una suplementación moderada de sal en la dieta. Si hay un balance de sal negativo continuo, la aclimatación al calor disminuye. Sin embargo, la suplementación con sal de la dieta normal rara vez se requiere, excepto posiblemente para individuos no aclimatados al calor durante los primeros 2 o 3 días de exposición al calor **[Lind 1976; DOD 2003]**. Al final del tercer día de exposición al calor, habrá ocurrido una cantidad significativa de aclimatación al calor, y la pérdida de sal en el sudor y la orina y la necesidad de sal en la dieta disminuirá. En vista de la alta incidencia de presión arterial elevada en la población de trabajadores de EE. UU. Y el contenido relativamente alto de sal de la dieta promedio de EE. UU., Incluso para aquellos que observan la ingesta de sal, probablemente no se justifique recomendar un aumento en la ingesta de sal. Las tabletas de sal pueden irritar el estómago y no deben usarse **[DOD 1980; 2003]**. Se ha sugerido un uso más intensivo de sal en las comidas para los trabajadores no aclimatados al calor durante los primeros 2 o 3 días de exposición al calor si no tienen una dieta restringida en sal por orden del proveedor de atención médica responsable **[DOD 2003]**. El sodio también se puede reponer bebiendo líquidos que contienen aproximadamente 20 mEq / L de sodio, que es una cantidad que se encuentra en muchas bebidas deportivas **[Montain y Cheuvront 2008]**. En general, simplemente agregar sal a la dieta restaurará adecuadamente el equilibrio electrolítico. Además, la aclimatación al calor cuidadosamente inducida reduce o elimina la necesidad de suplementos de sal de la dieta normal.

Debido a que el potasio se pierde en el sudor, puede agotarse sustancialmente cuando los trabajadores no aclimatados de repente tienen que trabajar duro en climas cálidos; El marcado agotamiento del potasio puede tener graves consecuencias fisiológicas, incluido el desarrollo de un golpe de calor **[Leithead y Lind 1964]**. El consumo elevado de sal de mesa puede aumentar la pérdida de potasio. Sin embargo, la pérdida de potasio generalmente no es un problema, excepto para las personas que toman diuréticos, porque el potasio está presente en la mayoría de los alimentos, particularmente en carnes y frutas **[Greenleaf y Harrison 1986]**. Dado que algunos diuréticos causan pérdida de potasio, los trabajadores que toman esos medicamentos mientras trabajan en un ambiente caluroso deben buscar consejo médico, decirle a su médico que trabajan en el calor y preguntar cómo los medicamentos pueden afectar la forma en que su cuerpo responde al ambiente caluroso. Los suplementos de sal y potasio, si lo recomienda el proveedor de atención médica responsable, solo pueden ser necesarios durante el período de aclimatación o en circunstancias extraordinarias.

#### **A. Balance de agua y electrolitos y la influencia de las endocrinas**

Es imprescindible reemplazar el agua perdida en el sudor. No es raro que los trabajadores pierdan entre 6 y 8 litros de sudor durante un turno laboral en las industrias calientes. Si no se reemplaza el agua perdida, los niveles de agua corporal disminuirán progresivamente, lo que reducirá el espacio extracelular, los volúmenes intersticiales y plasmáticos, y el agua en las células. La evidencia respalda que la cantidad de producción de sudor depende del estado de hidratación **[Leithead y Lind 1964; Henschel 1971; Greenleaf y Harrison 1986]**, por lo que la deshidratación progresiva da como resultado una producción de sudor más baja y un aumento correspondiente de la temperatura corporal, que puede ser una situación peligrosa.

El agua perdida en grandes cantidades de sudor a menudo es difícil de reemplazar por completo a medida que avanza el trabajo del día, y no es raro que las personas registren un déficit de agua del 2% al 3% o más de su peso corporal. Durante el ejercicio en ambientes fríos o calurosos, se ha informado una correlación entre la elevación de la temperatura rectal y el porcentaje de déficit de agua en exceso del 3% del peso corporal **[Kerslake 1972 (p. 316)]**. Debido a que el mecanismo normal de sed no es lo suficientemente sensible como para garantizar una ingesta de agua suficiente **[Greenleaf y Harrison 1986; DOD 2003]**, se debe hacer todo lo posible para alentar a las personas a

beber agua u otros líquidos (por ejemplo, bebidas deportivas). El líquido debe ser lo más sabroso posible, a menos de 15 ° C (59 ° F). Pequeñas cantidades tomadas a intervalos frecuentes es un régimen más efectivo para el reemplazo práctico de líquidos que la ingesta de grandes cantidades de líquidos por hora **[McArdle et al. 2010b]**. Se deben proporcionar vasos individuales, no comunales. Las personas rara vez son conscientes de cuánto sudor producen o cuánta agua se necesita para reemplazar la pérdida del sudor; 1 L / h es una tasa común de pérdida de agua. Con instrucciones adecuadas sobre cuánto beber, la mayoría de las personas cumplirán. Una regla general para aquellos que hacen ejercicio en el calor durante 1 a 2 horas es beber agua corriente y fresca. El sudor es hipotónico para el plasma, y uno no pierde una cantidad significativa de sodio en la primera o dos horas de ejercicio **[McArdle et al. 1996b]**. Por lo tanto, no se requieren fluidos que contengan electrolitos para esta exposición. Sin embargo, durante la sudoración prolongada que dura varias horas, es aconsejable consumir una bebida deportiva que contenga electrolitos equilibrados para reemplazar los perdidos durante la sudoración, siempre que la concentración de electrolitos / carbohidratos no supere el 8% en volumen. Exceder el límite del 8% disminuirá la absorción de líquidos del tracto gastrointestinal (GI) **[Parsons 2003]**. Dado que la sed es un indicador deficiente del estado de hidratación, los líquidos deben consumirse a intervalos regulares para reemplazar el agua perdida por la sudoración **[McArdle et al. 1996b]**.

Los electrolitos plasmáticos (principalmente sodio, potasio y cloro) están muy regulados por mecanismos fisiológicos debido a su gran importancia en el volumen y la función celular. El control lo realiza el riñón y está influenciado por varias vías hormonales, incluido el sistema renina-angiotensina-aldosterona (RAAS) y la hormona antidiurética (ADH). La concentración plasmática normal de sodio (Na +) cae dentro del rango de 135 a 145 mmol·L<sup>-1</sup>. Por lo tanto, la hiponatremia se define como una concentración de Na + <135 mmol / L (leve) y la hiponatremia severa como una concentración plasmática de Na + de 120 mmol / L. La hiponatremia (bajo nivel de sodio en plasma) se considera como la consecuencia de una mala estrategia de reemplazo de líquidos antes, durante y después del ejercicio prolongado y puede convertirse en una afección potencialmente mortal. Sin embargo, el consumo de grandes cantidades de agua por sí solo no es suficiente para causar hiponatremia. La condición se acompaña de una pérdida significativa de Na + por la sudoración **[Montain et al. 2006]**.

La hiponatremia generalmente ocurre en atletas de alta resistencia que participan en maratones, ultramaratones y los llamados triatlones Iron Man, pero también puede ocurrir en personas que trabajan durante largos períodos de tiempo en ambientes calurosos [Rosner y Kirven 2007]. La incidencia de hiponatremia en atletas de alta resistencia varía del 13% al 18%. Los síntomas de la hiponatremia pueden variar de nulos a mínimos (~ 70% de los casos) a severos, incluyendo encefalopatía, dificultad respiratoria y muerte. Durante estos eventos o períodos de trabajo, la hiponatremia se desarrolla cuando el atleta o el trabajador consume demasiada agua en un intento de rehidratarse después de una sudoración abundante. El exceso de agua da como resultado una dilución de Na<sup>+</sup> en plasma, lo que, a su vez, provoca un desequilibrio osmótico que puede conducir a edema cerebral (inflamación del cerebro) y edema pulmonar. Estas condiciones pueden ser fatales en un pequeño número de pacientes [Rosner y Kirven 2007].

Los factores de riesgo para el desarrollo de hiponatremia son una duración del ejercicio de > 4 horas, sexo (las mujeres tienen más probabilidades de desarrollar hiponatremia), baja masa corporal, consumo excesivo de agua (> 1.5 L / h), hidratación previa al ejercicio, consumo de medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (aunque no todos los estudios han demostrado esto) y temperatura ambiental extrema [Rosner y Kirven 2007]. El consumo de grandes cantidades de agua está altamente correlacionado con el desarrollo de hiponatremia [Almond et al. 2005], la mayoría de los atletas o trabajadores en ambientes calurosos desarrollan hiponatremia; sin embargo, no todas las personas con hiponatremia se vuelven sintomáticas [Rosner y Kirven 2007]. Por lo tanto, la presencia de hiponatremia leve puede no ser dañina. Aunque la hiponatremia puede tener consecuencias devastadoras, como la muerte, para la víctima y la fisiopatología de la afección involucra múltiples factores, incluida la predisposición ambiental e individual, la afección puede tratarse eficazmente para reducir el nivel de morbilidad y mortalidad [Rosner y Kirven 2007]. La prevención de esta afección implica el uso apropiado de estrategias de reemplazo de líquidos.

Dos hormonas son importantes en la termorregulación: **ADH** y **aldosterona**. Una variedad de estímulos estimulan la síntesis y liberación de esas hormonas, como los cambios en el volumen plasmático y la concentración plasmática de cloruro de sodio. La glándula pituitaria libera ADH, que tiene conexiones

neurales directas con el hipotálamo pero puede recibir información neural de otras fuentes. Su función es reducir la pérdida de agua por el riñón, pero no tiene ningún efecto sobre la pérdida de agua a través de las glándulas sudoríparas. El agua corporal, incluido el volumen de plasma en el compartimento vascular, también está controlado por el RAAS. Los cambios en el volumen de líquido o la concentración de electrolitos (sodio) activarán el RAAS para conservar líquidos y electrolitos a nivel del riñón y las glándulas sudoríparas a través de la acción de la aldosterona **[Jackson 2006]**. El control del volumen de líquido (especialmente plasma) también es importante en el mantenimiento de la presión arterial y la perfusión de órganos. Otro producto del RAAS es la angiotensina II, un poderoso vasoconstrictor que ayuda a mantener la presión arterial y la función cardiovascular general en presencia de una pérdida significativa de líquido del compartimento vascular, así como un estimulador significativo de la liberación de aldosterona desde las glándulas suprarrenales **[Williams et al. 2003]**.

#### **B. Factores dietéticos**

Una dieta bien balanceada en ambientes templados generalmente es suficiente para climas cálidos. Una dieta muy alta en proteínas podría aumentar la producción de orina necesaria para la eliminación de nitrógeno y aumentar los requerimientos de ingesta de agua **[Greenleaf 1979; Greenleaf y Harrison 1986]**. La importancia del equilibrio de agua y sal se ha enfatizado en la discusión previa, y también se ha discutido la posibilidad de que sea deseable suplementar la dieta con potasio. En algunos países donde la dieta normal es baja o deficiente en vitamina C, los suplementos pueden mejorar la aclimatación al calor y la función termorreguladora **[Strydom et al. 1976]**. Se puede abusar de los suplementos de sodio para aumentar la retención de líquidos. Sin embargo, un exceso de sodio en la dieta en realidad puede disminuir el volumen plasmático, incluso con una ingesta controlada de líquidos. Por lo tanto, el sodio dietético suplementario debe usarse con prudencia para evitar una mayor deshidratación y agotamiento de electrolitos en los trabajadores **[McArdle et al. 1996a; Williams y col. 2003]**. Además, ciertos suplementos dietéticos pueden afectar o alterar las adaptaciones celulares y sistémicas asociadas con la termotolerancia y la aclimatación al calor en el ejercicio humano **[Kuennen et al. 2011]**.

#### **C. Factores Gastrointestinales**

La hipertermia por esfuerzo puede provocar cambios en la permeabilidad gastrointestinal ("intestino permeable") que puede provocar la liberación de

endotoxinas paracelulares [Zuhl et al. 2014]. La liberación de estas endotoxinas puede desencadenar la liberación de leucocitos, lo que puede dar lugar a una mayor liberación de citocinas proinflamatorias [Leon 2007]. Esta cascada inflamatoria daña aún más los sistemas orgánicos. Ciertos factores aumentan la susceptibilidad al aumento de la permeabilidad gastrointestinal y al daño por endotoxinas, incluida la edad; deshidratación; pérdida de electrolitos por sudoración; enfermedad cardiovascular; uso de ciertos medicamentos (por ejemplo, diuréticos, anticolinérgicos y AINE); y alcoholismo. Además, ciertos alimentos que contienen quercetina (por ejemplo, alcaparras, cebollas rojas, etc.) pueden aumentar la permeabilidad gastrointestinal inducida por la hipertermia y agravar los efectos de la hipertermia [Kuennen et al. 2011; Zuhl y col. 2014].

- **Aclimatación al calor [NIOSH 2016,4]**

Cuando los trabajadores están expuestos a ambientes de trabajo calurosos, muestran signos de angustia e incomodidad, como el aumento de la temperatura central y la frecuencia cardíaca, dolor de cabeza o náuseas y otros síntomas de agotamiento por calor [Leithead y Lind 1964; OMS 1969; Kerslake 1972 (p. 316); Wyndham 1973; Knochel 1974; Hancock 1982; Spaul y Greenleaf 1984; DOD 2003]. En exposiciones repetidas a un ambiente caluroso, existe una marcada adaptación en la cual el principal beneficio fisiológico parece ser el resultado de una mayor eficiencia de sudoración evidenciada por un inicio temprano de la sudoración, una mayor producción de sudor y una menor concentración de electrolitos) y una estabilización concomitante de la circulación. Como resultado, después de la exposición diaria al calor durante 7 a 14 días, la mayoría de las personas realizan el trabajo con una temperatura central y HR mucho más bajas y una mayor tasa de sudoración (es decir, una cepa termorreguladora reducida) y sin ninguno de los síntomas que se experimentaron inicialmente [Moseley 1994; Armstrong y Stoppani 2002; DOD 2003; Centro de Salud Ambiental de la Marina 2007; Casa et al. 2009; ACGIH 2014]. Durante ese período, el volumen de plasma se expande rápidamente, de modo que aunque la sangre se concentra durante toda la exposición al calor, el volumen de plasma al final de la exposición al calor en individuos aclimatados a menudo es igual o mayor que antes del primer día de exposición al calor.

La aclimatación al calor es un ejemplo de adaptación fisiológica, que está bien demostrado en experimentos de laboratorio y experiencia de campo [Lind y Bass 1963; OMS 1969]. Sin embargo, la aclimatación no significa necesariamente que los individuos puedan trabajar por encima de la zona prescriptiva tan efectivamente como debajo [Lind 1977].

La aclimatación al calor total ocurre con exposiciones diarias relativamente breves al trabajo en el calor. No requiere exposición al calor en el trabajo y descanso durante las 24 horas completas; de hecho, tales exposiciones excesivas pueden ser perjudiciales porque es difícil para las personas sin experiencia en aclimatación al calor reemplazar toda el agua perdida en el sudor. El tiempo mínimo de exposición para lograr la aclimatación al calor es de al menos 2 horas por día, que puede dividirse en exposiciones de 1 hora **[DOD 2003]**. Algún período diario de alivio de la exposición al calor, en un entorno con aire acondicionado, es beneficioso para el bienestar de las personas, si no es por otra razón que les resulta difícil descansar eficazmente en un ambiente cálido **[Kerslake 1972 (p 316)]**. El nivel de aclimatación depende del nivel inicial de aptitud física individual y del estrés por calor total experimentado por el individuo **[DOD 2003]**. Por lo tanto, un trabajador que solo realiza trabajos ligeros en interiores en climas cálidos no logrará el nivel de aclimatación necesario para trabajar en exteriores con la carga de calor adicional del sol o para realizar un trabajo físico más duro en el mismo ambiente cálido en interiores. El aumento de la aptitud aeróbica confiere al menos una aclimatación parcial al calor debido al aumento de la producción de calor metabólico que ocurre durante el ejercicio. Las personas en buena forma física tienen una incidencia reducida de lesiones por calor o enfermedad durante la exposición a ambientes calientes **[Tipton et al. 2008]**.

Si no se reemplaza el agua perdida en el sudor, se ralentizará o incluso evitará el desarrollo de las adaptaciones fisiológicas descritas. Es importante comprender que la aclimatación al calor aumenta la tasa de sudoración; por lo tanto, los trabajadores tendrán un mayor requerimiento de agua **[DOD 2003; Centro de Salud Ambiental de la Marina 2007]**. A pesar del hecho de que la aclimatación se mantendrá razonablemente bien durante unos días sin exposición al calor, la ausencia del trabajo en el calor durante una semana o más da como resultado una pérdida significativa de adaptaciones beneficiosas. Sin embargo, la aclimatación al calor generalmente se puede recuperar en 2 a 3 días al regresar a un trabajo en caliente **[Lind y Bass 1963; Wyndham 1973]**. La aclimatación al calor parece ser mejor mantenida por individuos que están físicamente en forma **[Pandolf et al. 1977]**.

La producción total de sudor aumenta con la aclimatación, y el sudor comienza a una temperatura central más baja **[DOD 2003]**. La circulación cutánea y la conductancia circulatoria disminuyen con la aclimatación, lo que refleja la reducción en la proporción de **CO** que debe asignarse para la termorregulación

debido al mecanismo de sudoración más eficiente. También durante la aclimatación, se mejora la estabilidad cardiovascular, se reduce la frecuencia cardíaca, se aumenta el volumen sistólico y se mejora la distensibilidad del miocardio **[DOD 2003]**. Sin embargo, está claro que durante el ejercicio en celo, la producción de aldosterona aumenta para conservar la sal tanto del riñón como de las glándulas sudoríparas, mientras que un aumento en la ADH conserva la cantidad de agua perdida a través de los riñones. El aumento en los niveles de aldosterona da como resultado una menor concentración de sodio en el sudor y, por lo tanto, sirve para limitar la pérdida de sodio y líquido del plasma durante el ejercicio en el calor **[Taylor et al. 2008]**.

De las descripciones anteriores queda claro que los cambios estacionales repentinos y los aumentos repentinos de la temperatura ambiental pueden ocasionar dificultades termorreguladoras para los trabajadores expuestos. En esos momentos, pueden ocurrir casos de trastorno por calor, incluso para trabajadores aclimatados.

La aclimatación para trabajar en ambientes cálidos y húmedos proporciona beneficios adaptativos que también se aplican en ambientes desérticos, y viceversa; el factor de calificación parece ser la carga de calor total experimentada por el individuo **[DOD 2003]**. Se debe implementar un plan de aclimatación en todos los lugares de trabajo donde los trabajadores están expuestos al calor. Un estudio reciente presentó 20 casos de enfermedades o muertes relacionadas con el calor entre los trabajadores **[Arbury et al. 2014]**. En la mayoría de estos casos, los empleadores no tenían un programa para prevenir enfermedades causadas por el calor, o el programa era deficiente. La aclimatación era el elemento del programa que más faltaba y se asociaba más claramente con la muerte de trabajadores.

Para ver un resumen sobre la aclimatación, consulte la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Aclimatación en trabajadores

Temas	Información Adicional
Desventajas de no ser aclimatado.	* Muestra fácilmente signos de estrés por calor cuando se expone a ambientes calurosos.
	* Dificultad para reemplazar toda el agua perdida en el sudor.
	* Si no se reemplaza el agua perdida, se ralentizará o evitará la aclimatación.
Beneficios de la aclimatación.	* Mayor eficiencia de sudoración (inicio temprano de la sudoración, mayor producción de sudor y reducción de la pérdida de electrolitos en el sudor).
	* Estabilización de la circulación.
	* El trabajo se realiza con temperatura central y frecuencia cardíaca más bajas.
	* Aumento del flujo sanguíneo de la piel a una temperatura central dada.
Plan de aclimatación	* Aumente gradualmente el tiempo de exposición en condiciones ambientales cálidas durante un período de 7 a 14 días.
	* Para los nuevos trabajadores, el horario no debe ser más del 20% de la duración habitual del trabajo en el ambiente caluroso en el día 1 y un aumento de no más del 20% en cada día adicional.
	* Para los trabajadores que han tenido experiencia previa en el trabajo, el régimen de aclimatación no debe superar el 50% de la duración habitual del trabajo en el ambiente caluroso el día 1, el 60% el día 2, el 80% el día 3 y el 100% el día 4.
	* El tiempo requerido para que las personas que no están en buena forma física desarrollen aclimatación es aproximadamente un 50% mayor que para las personas en buena forma física.
Nivel de aclimatación	* Relativo al nivel inicial de aptitud física y al estrés por calor total experimentado por el individuo.
Manteniendo la aclimatación	* Se puede mantener durante unos días sin exposición al calor.
	* La ausencia del trabajo en el calor durante una semana o más da como resultado una pérdida significativa en las adaptaciones beneficiosas que conducen a una mayor probabilidad de deshidratación aguda, enfermedad o fatiga.
	* Se puede recuperar en 2 a 3 días después de regresar a un trabajo caliente.
	* Parece estar mejor mantenido por aquellos que están en buena forma física.
	* Los cambios estacionales en las temperaturas pueden resultar en dificultades.
	* Trabajar en ambientes cálidos y húmedos proporciona beneficios adaptativos que también se aplican en ambientes cálidos y desérticos, y viceversa.
	* El aire acondicionado no afectará la aclimatación.

Adaptado de [Moseley 1994; Armstrong y Stoppani 2002; DOD 2003; Casa et al. 2009; ACGIH 2014; OSHA-NIOSH 2011].

- **Otros factores relacionados [NIOSH 2016,4]**

Muchos factores pueden aumentar el riesgo de un trabajador de adquirir enfermedades relacionadas con el calor. Algunos de los factores son ambientales, como la exposición directa al sol, las altas temperaturas y la humedad. Las fuentes de calor radiante en interiores, como hornos, también pueden aumentar la cantidad de calor en el medio ambiente. Un ambiente de trabajo interior puede convertirse en un peligro de calor si el aire acondicionado no está disponible o la ventilación es insuficiente [Chen et al. 2003]. Otros factores pueden estar relacionados con las características de cada trabajador individual o el estado actual de salud de un individuo en el momento de la exposición al estrés por calor en un ambiente caluroso. Los factores de enfermedad relacionados con el calor se presentan en la Figura 2.1.

- **Edad**

El proceso de envejecimiento produce una respuesta más lenta de las glándulas sudoríparas, lo que conduce a un control menos efectivo de la temperatura corporal en el individuo sedentario [Taylor et al. 2008]. El envejecimiento también produce una disminución del nivel de flujo sanguíneo de la piel asociado con la exposición al calor. La causa permanece indeterminada, pero la disminución en el flujo sanguíneo de la piel implica un mecanismo termorregulador deteriorado, posiblemente relacionado con la eficiencia reducida del sistema nervioso simpático [Hellon y Lind 1958; Lind 1977; Drinkwater y Horvath 1979]. Para las mujeres, se ha encontrado que la temperatura de la piel aumenta con la edad en cargas de calor moderadas y altas, pero no en cargas de calor bajas [Hellon y Lind 1958; Drinkwater y Horvath 1979]. Cuando dos grupos de mineros de carbón de 47 y 27 años de edad, respectivamente, trabajaron en varios ambientes cómodos o fríos, mostraron poca diferencia en sus respuestas al calor cerca del Valor Limite Umbral con trabajo ligero, pero en ambientes más cálidos los hombres mayores mostraron un cepa termorreguladora sustancialmente mayor que sus contrapartes más jóvenes; los hombres mayores también tenían menores capacidades de trabajo aeróbico [Lind et al. 1970]. Al analizar la distribución de la acumulación de datos de 5 años sobre el golpe de calor en las minas de oro de Sudáfrica, Strydom [1971] encontró un marcado aumento en el golpe de calor con el aumento de la edad de los trabajadores. Por lo tanto, los hombres mayores de 40 años representaban menos del 10% de la población minera, pero representaban el 50% de los casos fatales y el 25% de los casos no fatales de golpe de calor.

La incidencia de casos por cada 100,000 trabajadores fue 10 o más veces mayor para los hombres mayores de 40 años que para los hombres menores de 25 años. En todos los estudios experimentales y epidemiológicos descritos anteriormente, los trabajadores habían sido examinados médicamente y se los consideraba libres de enfermedad. La hipohidratación crónica aumenta con la edad, lo que puede ser un factor en la mayor incidencia observada de golpe de calor fatal y no fatal en el grupo de mayor edad. Las razones de la hipohidratación en adultos mayores parecen estar relacionadas con una disminución de la sed que produce, entre otras cosas, un volumen plasmático subóptimo. Un volumen plasmático reducido (y muy probablemente el agua corporal total, dada la transferencia normal de fluidos entre compartimentos) puede afectar la dinámica termorreguladora [McArdle et al. 2010a]. Otro estudio sugiere que las deficiencias relacionadas con la edad en la pérdida de calor pueden no ser evidentes durante duraciones de <15 minutos de ejercicio; por lo tanto, los trabajadores mayores pueden estar a salvo de la tensión térmica y la deshidratación si trabajan durante intervalos más cortos [Wright et al. 2014].



Figura 2.1. Ejemplos de factores de riesgo de enfermedades relacionadas con el calor.

Las personas mayores son más susceptibles a los efectos del calor, y una fracción significativa de aquellos que sufren trastornos por calor son mayores de 60 años **[Kenny et al. 2010]**. La susceptibilidad al calor relacionada con la edad es multifactorial y puede estar relacionada con la disminución de la sudoración y el flujo sanguíneo cutáneo, los cambios en la función cardiovascular y la disminución del estado físico general **[Kenney et al. 1990; Minson y col. 1998; Inoue y col. 1999]**. La disminución de la sudoración puede deberse a una producción reducida de sudor en lugar de un número reducido de glándulas sudoríparas **[Inbar et al. 2004]**. Por lo tanto, mientras que la aclimatación al calor puede ocurrir en los ancianos, la tasa de aclimatación se reduce **[Armstrong y Kenney 1993; Inoue y col. 1999]**.

➤ **Sexo**

Aunque no todos los aspectos de la tolerancia al calor en las mujeres han sido completamente examinados, sus capacidades termorreguladoras sí. Una mujer de tamaño promedio tiene una capacidad aeróbica más baja que un hombre de tamaño promedio. Cuando trabajan en proporciones similares de su  $VO_2\text{max}$ , las mujeres se desempeñan de manera similar o solo un poco menos que los hombres **[Drinkwater et al. 1976; Avellini y col. 1980a; Avellini y col. 1980b; Frye y Kamon 1981]**.

Un estudio que examinó la pérdida de electrolitos del sudor durante el ejercicio en el calor descubrió que las concentraciones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en el sudor en los hombres eran más altas que en las mujeres **[Meyer et al. 1992]**. El estudio no pudo explicar por qué parecía haber una diferencia entre los sexos, aunque la tasa de sudoración y los efectos de las variaciones hormonales pueden ser importantes.

Un estudio reciente investigó si hubo un efecto del sexo en la actividad del sudómetro de cuerpo entero (un dispositivo para medir la pérdida total de sudor del individuo) durante el ejercicio en el calor **[Gagnon y Kenny 2011]**. Gagnon y Kenny descubrieron que las mujeres tienen una menor respuesta de sudor de todo el cuerpo durante el ejercicio en el calor, lo que resulta en un mayor aumento de la temperatura corporal. El estudio concluye que los "resultados no se debieron a diferencias en las características físicas, ya que ambos sexos se combinaron para la masa corporal y el área de superficie".

Según **Nunneley [1978]**, parecía haber pocos cambios en las capacidades termorreguladoras en diferentes momentos durante los ciclos menstruales de las mujeres.

El embarazo es una consideración para las mujeres al sobrellevar el estrés por calor, y a medida que avanza se reduce la tolerancia al estrés por calor [**Navy Environmental Health Center 2007**]. El embarazo eleva naturalmente la temperatura del cuerpo, lo que somete a las mujeres al agotamiento por calor más rápidamente durante los períodos de temperaturas extremas. El feto actúa como fuente de calor metabólico y también aumenta el peso de la madre. Además, debido a que la mujer embarazada cuida más de un cuerpo, se necesitan más líquidos y energía para enfriar su temperatura central. El aumento de las cargas de calor durante el embarazo temprano aumenta el riesgo de efectos teratogénicos del feto [**Tillett 2011**]. Sin embargo, estudios anteriores sugirieron que la temperatura interna basal de las mujeres embarazadas que participan en estudios de ejercicio submáximo (es decir, prueba de bicicleta) en el transcurso de su embarazo disminuyó ligeramente después del parto [**Lindqvist et al. 2003**]. Este resultado concuerda con un estudio incluso anterior que informó que la magnitud de cualquier estrés térmico asociado al ejercicio del primer trimestre para el embrión o el feto se reduce por las adaptaciones fisiológicas maternas durante el embarazo [**Clapp 1991**]. El estrés térmico moderado (21.1 ° C [70 ° F] durante 20 minutos) no indujo una contractilidad uterina regular, ni fue perjudicial para el feto cuando estuvo expuesto al final del embarazo [**Vaha-Eskeli y Erkkola 1991**].

#### ➤ **Grasa Corporal**

Está bien establecido que la obesidad predispone a las personas a los trastornos por calor [**Leithead y Lind 1964**]. De hecho, los trastornos por calor ocurren 3.5 veces más frecuentemente en personas obesas que en personas delgadas [**Henschel 1967; Chung y Pin 1996; Kenny y col. 2010**]. La adquisición de grasa significa que debe llevarse un peso adicional, lo que requiere un mayor gasto de energía para realizar una tarea determinada y el uso de una mayor proporción del  $VO_2$  máx en función de cada peso. Sin embargo, no hay diferencia en el  $VO_2$  máx entre sujetos obesos y delgados si se mide en base al consumo de oxígeno por peso corporal magro [**Vroman et al. 1983**]. Además, la relación entre el área de superficie corporal y el peso corporal ( $m^2$  a kg) en el individuo obeso se vuelve menos favorable para la disipación de calor. Probablemente, lo más importante es la menor aptitud física y la disminución de la capacidad máxima de trabajo y la capacidad

cardiovascular frecuentemente asociadas con la obesidad. El aumento de la capa de grasa subcutánea proporciona una barrera de aislamiento entre la piel y los tejidos profundos. La capa de grasa teóricamente reduce la transferencia directa de calor de los músculos a la piel **[Wells y Buskirk 1971]**.

El número limitado de estudios en el área del estrés por calor y la obesidad ha demostrado que las personas obesas tienen un flujo sanguíneo más bajo en el antebrazo durante el ejercicio en el calor, lo que se cree que reduce el intercambio cutáneo de calor con el medio ambiente **[Vroman et al. 1983; Kenny y col. 2010]**. La razón de esta ocurrencia no está completamente clara, pero puede deberse a cambios en el control simpático sobre la vasculatura o la reducción del volumen sistólico que regula el flujo sanguíneo relativo al músculo (para realizar el trabajo) y el flujo sanguíneo a la vasculatura cutánea para propósito del intercambio de calor. Existe cierta evidencia de que las personas obesas padecen neuropatías asintomáticas de fibra pequeña, que disminuyen la sensibilidad térmica **[Herman et al. 2007]**.

También se ha propuesto que el aumento de la carga térmica en los obesos se debe simplemente a la capacidad calorífica específica reducida del tejido adiposo, que contiene una menor cantidad de agua por gramo, en comparación con la masa magra. Por lo tanto, para una carga térmica dada, el individuo obeso almacenará energía térmica a una velocidad mayor que el individuo delgado, lo que resulta en una temperatura media del tejido mayor **[Henschel 1967; Kenny y col. 2010]**.

Finalmente, el peso adicional que lleva el individuo obeso versus delgado da como resultado un aumento en la energía metabólica para cualquier tarea dada. El aumento de la energía metabólica producida en forma de trabajo muscular da como resultado un aumento de la temperatura corporal que debe intercambiarse, en comparación con un individuo delgado que realiza la misma tarea en el mismo entorno **[Bar-Or et al. 1969; Kenny y col. 2010]**. Por lo tanto, debido a que es evidente que la obesidad coloca al individuo en un riesgo significativamente más alto de sufrir una enfermedad relacionada con el calor en cualquier carga de trabajo o temperatura ambiental que el riesgo para un individuo delgado, pueden ser necesarias adaptaciones adicionales.

## ➤ Drogas

### (1) Drogas terapéuticas

Muchos medicamentos recetados con fines terapéuticos pueden interferir con la termorregulación **[Khagali y Hayes 1983]**. Algunos de estos medicamentos son de naturaleza anticolinérgica o implican la inhibición de las reacciones oxidativas de la monoamina, pero casi cualquier medicamento que afecte la actividad del sistema nervioso central, la reserva cardiovascular (por ejemplo, los betabloqueantes) o la hidratación corporal podría afectar la tolerancia al calor. Los betabloqueantes cardioselectivos (p. Ej., Atenolol, betaxolol, metoprolol y acebutolol) no permiten que los pequeños vasos sanguíneos de la piel se dilaten, lo que reduce el flujo sanguíneo, lo que impide la producción de sudor y aumenta la temperatura corporal. Por lo tanto, los betabloqueantes predisponen a aquellos que trabajan en celo a emergencias relacionadas con el calor. Un trabajador que requiere medicamentos terapéuticos debe estar bajo la supervisión del proveedor de atención médica responsable que comprende las posibles ramificaciones de los medicamentos en la tolerancia al calor. En tales casos, un trabajador que toma medicamentos terapéuticos que está expuesto solo de manera intermitente u ocasionalmente a un ambiente caliente debe buscar la guía del proveedor de atención médica responsable. Consulte la Tabla 2.4 para obtener información adicional sobre los mecanismos de acción propuestos de los medicamentos implicados en la intolerancia al calor.

### (2) Alcohol y cafeína

Es difícil separar las drogas que se usan terapéuticamente de las que se usan socialmente. El consumo de alcohol (combinado con estrés por calor) comúnmente se ha asociado con la aparición de un golpe de calor **[Leithead y Lind 1964]**. Es un medicamento que interfiere con la función nerviosa central y periférica y se asocia con la deshidratación al suprimir la producción de ADH. La ingestión de alcohol antes o durante el trabajo en el calor no debe permitirse porque reduce la tolerancia al calor y aumenta el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor.

Hay muchas otras drogas además del alcohol que se usan en ocasiones sociales y se han implicado en casos de trastorno por calor, que a veces conducen a la muerte **[Khagali y Hayes 1983]**. La cafeína puede considerarse un medicamento socialmente aceptado que se encuentra en bebidas y alimentos comunes (p. Ej., Café, té, refrescos, bebidas energéticas, cacao,

chocolate) y en algunos analgésicos de venta libre que se consumen en todo el mundo para mejorar el estado de alerta, reducir fatiga, mejorar el rendimiento deportivo, aumentar los efectos de los analgésicos suaves y para un disfrute simple **[Undem 2006; Taylor y col. 2008]**. El café es una de las bebidas más consumidas en el mundo y contiene cafeína, que tiene un leve efecto diurético y no debe proporcionarse a los trabajadores para reemplazar los líquidos perdidos por la sudoración. Además, el café generalmente se consume como bebida caliente y tiene el potencial de exacerbar el estrés por calor. En el pasado, se consideraba que la cafeína contribuía al estrés por calor al reducir el volumen de líquido y provocar tensión cardiovascular durante la exposición al calor **[Serafin 1996]**.

Estudios recientes presentan evidencia de que la cafeína puede tener menos efecto sobre la tolerancia al calor de lo que se sospechaba anteriormente **[Roti et al. 2006; Armstrong y col. 2007a; Ely y col. 2011]**. **Armstrong y col. [2007a]** proponen que el consumo de cafeína no produce desequilibrios de electrolitos en el agua y no reduce la tolerancia al calor durante el ejercicio. También sugieren que "los líquidos con cafeína contribuyen al requerimiento diario de agua humana de una manera similar al agua pura". **Ely et al. [2011]** encontró de manera similar que una dosis de cafeína de 9 mg/kg no alteró sustancialmente el equilibrio térmico durante el trabajo en un ambiente caluroso. La cafeína parecía no interferir con las ganancias de calor seco o las pérdidas de calor por evaporación, y los niveles totales de cafeína de 9 mg/kg o menos (aproximadamente la cantidad que se encuentra en una taza de café) podrían considerarse seguros en ambientes cálidos y secos. **Roti y col. [2006]** concluyó que no había evidencia de que la deshidratación o la alteración de la termorregulación resultaran de la ingestión crónica de cafeína antes o durante el ejercicio en el calor.

Aunque estos estudios presentan evidencia de que el consumo de cafeína puede ser inofensivo y aceptable para aquellos que se esfuerzan en un ambiente cálido, el agua sigue siendo la bebida hidratante preferida para antes, durante y después del trabajo. Sin embargo, prácticamente cualquier bebida no alcohólica es mejor que no beber nada durante la exposición al calor. Se necesita más investigación sobre los efectos de grandes dosis de cafeína consumidas al mismo tiempo y las diferencias entre los modos de suministro de cafeína (es decir, cápsulas, diversas bebidas y alimentos sólidos) **[Armstrong et al. 2007a]**.

Los líquidos que contienen cafeína ahora se comercializan al público como bebidas energéticas. Estas bebidas contienen dosis de cafeína más altas de lo normal (más de lo que se encuentra en una taza de café o refresco) y se han usado ampliamente entre atletas competitivos antes de participar en eventos deportivos [Burke 2008].

**Tabla 2.4. Medicamentos implicados en la intolerancia al calor.**

Droga o clase de droga	Mecanismo de acción propuesto.
Anticolinérgicos (por ejemplo, benzotropina, trihexifenidilo).	* Sudoración alterada.
Antihistamínicos.	* Sudoración alterada.
Fenotiazinas.	* Sudoración alterada, (posiblemente) alteración de la regulación de la temperatura hipotalámica.
Antidepresivos tricíclicos (p. Ej., Imipramina, amitriptilina, protriptilina).	* Sudoración alterada, mayor actividad motora y producción de calor.
Anfetaminas, cocaína, éxtasis.	* Aumento de la actividad psicomotora, endotelio vascular activado.
Analgésicos (p. Ej., Acetaminofén, aspirina).	* Daño hepático o renal.
Estimulantes ergogénicos (por ejemplo, efedrina / efedra).	* Mayor producción de calor.
Litio.	* Diabetes insípida nefrogénica y pérdida de agua.
Diuréticos.	* Depleción de sal y deshidratación.
Bloqueadores de los canales de calcio (por ejemplo, amlodipino, verapamilo).	* Flujo sanguíneo reducido de la piel y presión sanguínea reducida.
Etanol.	* Diuresis, posibles efectos sobre la permeabilidad intestinal.
Barbitúricos.	* Presión sanguínea reducida.
Antiespasmódicos.	* Sudoración alterada.
Haloperidol.	* Taquicardia, regulación alterada de la temperatura central e hiponatremia.
Laxantes.	* Deshidratación.
Betabloqueantes (atenolol, betaxolol).	* Flujo sanguíneo reducido de la piel, presión sanguínea reducida y sudoración alterada.
Narcóticos.	* Sudoración excesiva, agotamiento de sal y deshidratación.
Levotiroxina.	* Sudoración excesiva, agotamiento de sal y deshidratación.

**Adaptado de Heat Stress Control y Heat Casualty Management [DOD 2003].**

Se ha informado que la dosis oral letal para la cafeína en humanos oscila entre 18 y 50 gramos [HSDB 2011]. Además de los efectos diuréticos, esta dosis de cafeína es capaz de inducir arritmias cardíacas [Undem 2006], que podría ser potenciada por el estrés por calor (es decir, como resultado de una tensión cardiovascular ya existente). Parece que también habría una tendencia a tomar varias bebidas energéticas solo para aliviar la sed, ya que a menudo están disponibles en recipientes más pequeños con menos líquido, por lo tanto, una sobredosis inadvertida de cafeína.

➤ **Trastornos sin calor**

Desde hace tiempo se reconoce que las personas que padecen enfermedades degenerativas del sistema cardiovascular y otras enfermedades, como la diabetes o la desnutrición simple, tienen un mayor riesgo cuando están expuestas al calor y cuando se impone estrés al sistema cardiovascular. El resultado se ve fácilmente durante las olas de calor repentinas o prolongadas en áreas urbanas donde hay un aumento repentino de la mortalidad, especialmente entre las personas mayores, que supuestamente tienen reservas fisiológicas reducidas relacionadas con la edad [Leithead y Lind 1964; Henschel y col. 1969; Ellis 1972; Kilbourne y col. 1982]. En olas de calor prolongadas, la mortalidad es mayor en la fase temprana de la ola de calor [Henschel et al. 1969; Ellis 1972]. Si bien la aclimatación puede desempeñar un papel en la disminución de la mortalidad durante la última parte de una ola de calor prolongada, la mayor tasa de mortalidad en los primeros días de una ola de calor puede reflejar una "mortalidad acelerada", y los más vulnerables tienen más probabilidades de sucumbir a ese tiempo en lugar de ser más gradual como resultado de enfermedades degenerativas.

Cualquier enfermedad o afección en la que la permeabilidad gastrointestinal se vea comprometida podría dar lugar a una mayor susceptibilidad a la fuga de endotoxina y la cascada de reacciones inmunes y la muerte que ocurren con el golpe de calor. Por ejemplo, la ingestión de quercetina durante la aclimatación al calor evitó muchos de los beneficios de la aclimatación al calor, mientras que la ingestión de glutamina mejoró la función de barrera gastrointestinal y evitó la absorción de endotoxinas y el malestar gastrointestinal [Zuhl et al. 2014].

### ➤ **Variación individual**

En todos los estudios experimentales de las respuestas de los humanos a las condiciones ambientales cálidas, se ha observado una amplia variación en las respuestas.

Estas variaciones se ven no solo entre individuos sino también, en cierta medida, en el mismo individuo expuesto a un alto estrés ambiental en diferentes ocasiones. Tales variaciones no se entienden totalmente. Se ha demostrado **[Wyndham 1973]** que la influencia del tamaño corporal y su relación con la capacidad aeróbica en la tolerancia al calor podría explicar aproximadamente la mitad de la variabilidad, dejando el resto por determinar. Los cambios en la hidratación y el equilibrio de sal podrían ser responsables de parte de la variabilidad restante **[Buskirk y Bass 1980]**. Sin embargo, el grado de variabilidad en la tolerancia a los ambientes cálidos es poco conocido. Sin embargo, algunos individuos muestran poca tolerancia al calor y, de este grupo, algunos pueden tener problemas hormonales que interrumpen su capacidad de controlar líquidos y electrolitos, lo que aumenta su susceptibilidad a las lesiones por calor **[Rosner y Kirven 2007]**.

### **2.3.2 Trastornos agudos por calor**

Aunque los trastornos por calor están interrelacionados y rara vez ocurren como entidades discretas, cada uno tiene características clínicas únicas **[Minard y Copman 1963 (p. 253); Leithead y Lind 1964; Minard 1973; Lind 1977; Dinman y Horvath 1984; Springer 1985]**. Estos trastornos van desde un simple síncope postural de calor (desmayo) hasta las complejidades del golpe de calor. Una característica común en todos los trastornos relacionados con el calor (excepto el simple síncope de calor postural) es cierto grado de temperatura corporal elevada, que puede complicarse por déficit de agua corporal. El pronóstico depende del nivel absoluto de la temperatura corporal elevada, la rapidez del tratamiento para bajar la temperatura corporal y el grado de deficiencia o desequilibrio de líquidos o electrolitos. En la Tabla 2.5 se presenta un resumen de la clasificación, las características clínicas, la prevención y el tratamiento de primeros auxilios de las enfermedades relacionadas con el calor.

### ➤ **Golpe de calor**

El golpe de calor puede ocurrir como clásico o como esfuerzo. El golpe de calor clásico incluye **(1)** una interrupción importante de la función del sistema nervioso central (inconsciencia o convulsiones); **(2)** falta de sudoración; y **(3)** una temperatura rectal superior a 41 ° C (105.8 ° F) **[Minard y Copman 1963 (p. 253); Leithead y Lind 1964; Shibolet y col. 1976; Khagali y Hayes 1983]**.

**Tabla 2.5. Clasificación, aspectos médicos y primeros auxilios de enfermedades relacionadas con el calor.**

Signos y Síntomas	Ejemplos de factores predisponentes.	Fisiológica subyacente del disturbio	Primeros auxilios
<b>(1) Regulación de temperatura</b>			
<p><b>Golpe de calor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Confusión, estado mental alterado, habla arrastrada.</li> <li>■ Pérdida de conciencia (coma).</li> <li>■ Piel caliente, seca o sudoración profusa.</li> <li>■ Convulsiones.</li> <li>■ Temperatura corporal muy alta.</li> <li>■ Mortal si el tratamiento se retrasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Esfuerzo sostenido en calor.</li> <li>■ Obesidad y falta de aptitud física.</li> <li>■ Consumo reciente de alcohol.</li> <li>■ Deshidratación.</li> <li>■ Susceptibilidad individual.</li> <li>■ Enfermedad cardiovascular crónica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fallo del accionamiento central para la sudoración, que conduce a la pérdida de enfriamiento por evaporación y a un aumento incontrolado de la aceleración de la temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Una emergencia médica: Llame al 911 para recibir atención médica de emergencia.</li> <li>■ Alguien debe permanecer con el trabajador hasta que lleguen los servicios médicos de emergencia.</li> <li>■ Mueva al trabajador a un área sombreada y fresca y quítese la ropa exterior.</li> <li>■ Enfríe al trabajador rápidamente con agua fría o baño de hielo si es posible; moje la piel, coloque paños fríos y húmedos sobre la piel o empape la ropa con agua fría.</li> <li>■ Haga circular el aire alrededor del trabajador para acelerar el enfriamiento.</li> <li>■ Coloque paños fríos o húmedos o hielo en la cabeza, el cuello, las axilas y la ingle; o remojar la ropa con agua fría.</li> </ul>
<b>(2) Hipóstasis circulatoria</b>			
<p><b>Síncope de calor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Desmayos (corta duración).</li> <li>■ Mareos.</li> <li>■ Aturdimiento durante la posición prolongada o levantarse repentinamente de una posición sentada o acostada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Deshidratación.</li> <li>■ Falta de aclimatación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Acumulación de sangre en vasos dilatados de la piel y partes inferiores del cuerpo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Siéntese o recuéstese en un lugar fresco.</li> <li>■ Beba lentamente agua, jugo claro o una bebida deportiva.</li> </ul>

Signos y Síntomas	Ejemplos de factores predisponentes.	Fisiológica subyacente del disturbio	Primeros auxilios
<b>(3) Agotamiento de agua y/o sal</b>			
<p><b>Agotamiento por calor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dolor de cabeza.</li> <li>■ Náuseas.</li> <li>■ Mareos.</li> <li>■ Debilidad.</li> <li>■ Irritabilidad.</li> <li>■ Sed.</li> <li>■ Sudoración intensa.</li> <li>■ Temperatura corporal elevada.</li> <li>■ Disminución de la producción de orina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Esfuerzo sostenido en calor.</li> <li>■ Falta de aclimatación.</li> <li>■ No reemplazar el agua perdida en el sudor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Deshidratación.</li> <li>■ Reducción del volumen de sangre circulante.</li> <li>■ Esfuerzo circulatorio debido a demandas competitivas de flujo sanguíneo a la piel y a los músculos activos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lleve al trabajador a una clínica o sala de emergencias para evaluación y tratamiento médico.</li> <li>■ Si la atención médica no está disponible, llame al 911.</li> <li>■ Alguien debe quedarse con el trabajador hasta que llegue la ayuda.</li> <li>■ Retire al trabajador del área caliente y déle líquidos para beber.</li> <li>■ Qítense la ropa innecesaria, incluidos zapatos y medias.</li> <li>■ Enfríe al trabajador con compresas frías o pídale que se lave la cabeza, la cara y el cuello con agua fría.</li> <li>■ Fomentar sorbos frecuentes de agua fría.</li> </ul>
<p><b>Calambres por calor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Calambres musculares, dolor o espasmos en el abdomen, brazos o piernas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sudoración intensa durante el trabajo en caliente.</li> <li>■ Beber grandes cantidades de agua sin reemplazar la pérdida de sal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pérdida de electrolitos en el sudor.</li> <li>■ La ingesta de agua diluye los electrolitos.</li> <li>■ Espasmo muscular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beba agua y tome un refrigerio y/o un líquido de reemplazo de carbohidratos y electrolitos (por ejemplo, bebidas deportivas) cada 15 a 20 minutos.</li> <li>■ Evite las tabletas de sal.</li> <li>■ Obtenga ayuda médica si el trabajador tiene problemas cardíacos, sigue una dieta baja en sodio o si los calambres no disminuyen en 1 hora.</li> </ul>
<p><b>Hiponatremia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Los síntomas varían de ninguno, a mínimos, a severos, incluyendo encefalopatía, edema cerebral y pulmonar, dificultad respiratoria y muerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sudoración intensa durante el trabajo en caliente.</li> <li>■ Beber grandes cantidades de agua sin reemplazar la pérdida de sal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pérdida de electrolitos en el sudor.</li> <li>■ Bajo contenido de sodio en plasma.</li> <li>■ Desequilibrio osmótico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beba agua y tome un refrigerio y/o un líquido de reemplazo de carbohidratos y electrolitos (por ejemplo, bebidas deportivas).</li> <li>■ Evite las tabletas de sal.</li> <li>■ Obtenga ayuda médica si el trabajador tiene problemas cardíacos o sigue una dieta baja en sodio, o si los calambres no disminuyen en 1 hora.</li> </ul>

Signos y Síntomas	Ejemplos de factores predisponentes.	Fisiológica subyacente del disturbio	Primeros auxilios
<b>(4) Erupciones Cutáneas</b>			
<p><b>Sarpullido por calor (miliaria rubra, "calor punzante", "sarpullido por sudor")</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Parece un grupo rojo de granos o pequeñas ampollas que generalmente aparecen en el cuello, la parte superior del pecho, la ingle, debajo de los senos y en los pliegues del codo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Exposición sin alivio al calor húmedo con la piel continuamente húmeda con sudor evaporado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Taponamiento de los conductos de las glándulas sudoríparas con retención de sudor y reacción inflamatoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cuando sea posible, un ambiente de trabajo más fresco y menos húmedo es el mejor tratamiento.</li> <li>■ Mantenga el área de la erupción seca.</li> <li>■ Se puede aplicar polvo para aumentar la comodidad.</li> <li>■ No se deben usar pomadas y cremas.</li> </ul>
<p><b>Erupción por calor (miliaria profunda, "incendio forestal")</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Áreas extensas de piel que no sudan al exponerse al calor, pero presentan apariencia de carne de gallina, que desaparece con ambientes fríos.</li> <li>■ Asociado con incapacitación en celo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Semanas o meses de exposición constante al calor con antecedentes previos de erupción por calor y quemaduras solares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Los traumatismos cutáneos (erupción por calor; quemaduras solares) provocan retención de sudor en la piel, la reducción del enfriamiento por evaporación provoca intolerancia al calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No hay tratamiento efectivo.</li> <li>■ La recuperación de la sudoración ocurre gradualmente al regresar a un clima más frío.</li> </ul>
<b>(5) Lesión del tejido muscular</b>			
<p><b>Rabdomiólisis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Calambres musculares / dolor.</li> <li>■ Orina anormalmente oscura (color té o cola).</li> <li>■ Debilidad.</li> <li>■ Intolerancia al ejercicio.</li> <li>■ Asintomático.</li> </ul>	<p>Resultado final de cualquier proceso que dañe el músculo esquelético, como el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Esfuerzo físico prolongado e intenso.</li> <li>■ Temperatura corporal elevada (asociada con golpe de calor).</li> <li>■ Uso de ciertos medicamentos recetados y de venta libre.</li> <li>■ Uso de ciertos suplementos dietéticos como la creatina y la cafeína.</li> <li>■ Uso de drogas ilícitas que pueden reducir el flujo sanguíneo al tejido muscular, como la cocaína y la metanfetamina.</li> <li>■ Lesión directa en el músculo (es decir, trauma, quemaduras) o infecciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fuga de contenido de células musculares en el torrente sanguíneo, lo que puede provocar convulsiones, ritmos cardíacos anormales, náuseas, vómitos, fatiga y daño renal.</li> <li>■ Los músculos lesionados ubicados en los compartimentos fasciales musculares pueden hincharse y cortar el suministro de sangre a todo el grupo muscular, lo que puede provocar la pérdida de la función y una discapacidad permanente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Detener actividad.</li> <li>■ Aumenta la hidratación oral (se prefiere el agua).</li> <li>■ Busque atención inmediata en el centro médico más cercano.</li> <li>■ Solicitar que se le realice un chequeo de rabdomiólisis (es decir, una muestra de sangre analizada para determinar la creatina quinasa).</li> </ul>

Adaptado de Minard 1973; DOD 2003; Cervellin y col. 2010; OSHA-NIOSH 2011.

La temperatura rectal de 41 ° C (105.8 ° F) es un valor arbitrario para la hiperpirexia porque las observaciones se realizan solo después de la admisión de pacientes a los hospitales, lo que puede ocurrir entre aproximadamente 30 minutos y varias horas después del evento. El golpe de calor por esfuerzo ocurre en individuos físicamente activos que a menudo continuarán sudando [DOD 2003; Armstrong y col. 2007b; Centro de Salud Ambiental de la Marina 2007]. Con el golpe de calor por esfuerzo, el músculo esquelético a menudo se descompone rápidamente, lo que se denomina rabdomiólisis aguda, y también produce insuficiencia renal [DOD 2003]. El riesgo de insuficiencia renal es de aproximadamente el 25% para aquellos que sufren un golpe de calor por esfuerzo [Navy Environmental Health Center 2007]. Para comparaciones adicionales entre el golpe de calor clásico y el de esfuerzo, consulte la **Tabla 2.6**. Las cargas de calor metabólicas y ambientales que dan lugar al golpe de calor son muy variables y a menudo son difíciles o imposibles de reconstruir con precisión. Además, los resultados médicos varían entre los pacientes, dependiendo del conocimiento, la comprensión, la habilidad y las instalaciones disponibles del cuidador.

El golpe de calor es una emergencia médica y es imperativo enfriar rápidamente al trabajador afectado. Si es posible, enfríe al trabajador rápidamente con un baño de agua helada. Colocar al trabajador afectado en un área sombreada, quitarse la ropa exterior y humedecer o aplicar hielo en la cabeza, el cuello, las axilas y las áreas de la ingle, y aumentar el movimiento del aire para mejorar el enfriamiento por evaporación, son actividades importantes que se deben realizar mientras se espera o se transporta al médico. Un trabajador que experimente agotamiento por calor o un golpe de calor no debe ser enviado a casa o quedar desatendido sin una orden específica de un proveedor de atención médica responsable.

Con frecuencia, cuando un trabajador ingresa en un hospital, el trastorno ha progresado a una emergencia multisistémica que afecta prácticamente a todos los tejidos y órganos [Dukes-Dobos 1981]. En la presentación clínica típica, el sistema nervioso central está desorganizado y comúnmente hay evidencia de fragilidad de pequeños vasos sanguíneos, posiblemente junto con la pérdida de integridad de las membranas celulares en muchos tejidos. El mecanismo de coagulación de la sangre a menudo se ve gravemente alterado, al igual que las funciones hepáticas y renales. Sin embargo, no está claro si estos eventos están presentes al inicio del trastorno o si se desarrollan con el tiempo. La evaluación post mortem indica que pocos tejidos escapan del compromiso patológico. El reconocimiento temprano del trastorno o su aparición inminente, cuando se combina con el tratamiento adecuado, reduce considerablemente la

tasa de mortalidad y el grado de afectación de órganos y tejidos [DOD 2003; Centro de Salud Ambiental de la Marina 2007].

### 2.3.2.1 Rabdomiólisis

La rabdomiólisis es una afección médica asociada con el estrés por calor y el esfuerzo físico prolongado, que resulta en la descomposición rápida del músculo y la ruptura y necrosis de los músculos afectados. Cuando el tejido muscular muere, los electrolitos y las proteínas grandes que formaron el mecanismo contráctil del músculo se liberan al torrente sanguíneo [Khan 2009; Cervellin y col. 2010]. El potasio es el principal electrolito liberado en la sangre por la muerte del tejido muscular, y los niveles altos pueden causar ataques cardíacos y ataques irregulares y peligrosos. Además, las proteínas musculares grandes pueden dañar el delicado sistema de filtración de los riñones.

Los síntomas clásicos de la rabdomiólisis son dolor muscular, calambres, hinchazón, debilidad y disminución del rango de movimiento de las articulaciones. Uno de los signos de la rabdomiólisis es la orina oscura o del color del té [Brudvig y Fitzgerald 2007; Khan 2009; Cervellin y col. 2010]. Sin embargo, los síntomas pueden variar entre los individuos, y algunos experimentan síntomas inespecíficos como fatiga, intolerancia al ejercicio, dolor abdominal, dolor de espalda, náuseas o vómitos y confusión, mientras que otros pueden no tener síntomas [Huerta-Alardin et al. 2005; Brudvig y Fitzgerald 2007].

Tabla 2.6 Comparación de golpe de calor clásico y de esfuerzo

Características del paciente	Clásico	Esfuerzo
Años	Niños pequeños o ancianos.	Típicamente 15 – 45 años.
Salud	Enfermedad crónica o debilitamiento común.	Generalmente saludable.
Clima predominante	Frecuente en olas de calor prolongadas.	Variable.
El consumo de drogas	Diuréticos, antidepresivos, anticolinérgicos, fenotiazinas.	Usualmente ninguno; a veces estimulantes ergogénicos o cocaína.
Actividad	Sedentario.	Ejercicio agotador.
Transpiración	Generalmente ausente.	A menudo presente.
Historia de enfermedad febril	Raro.	Común.
Alteraciones ácido-base	Alcalosis respiratoria.	Acidosis láctica.
Fallo renal agudo	Bastante raro.	Común.
Rabdomiólisis	Raramente severo.	Común; puede ser severo.
Hiperuricemia	Modesto.	Marcado.
Creatinina: Proporción de nitrógeno ureico en sangre.	01:10	Elevado.
Creatina quinasa (CK), aldolasa	Ligeramente elevado.	Marcadamente elevado.
Hipercalemia	Generalmente ausente.	A menudo presente.
Hipocalcemia	Poco común.	Común.
Diseminado coagulación intravascular (DIC)	Templado	Puede estar marcado.
Hipoglucemia	Poco común.	Común.

Adaptado de Heat Stress Control y Heat Casualty Management [DOD 2003].

En un estudio, solo la mitad de los pacientes con rabdomiólisis confirmada informaron dolor muscular o debilidad **[Cervellin et al. 2010]**. Debido a que los calambres musculares y la orina oscura después del esfuerzo prolongado pueden ser el único síntoma y signo, la rabdomiólisis puede confundirse con otra enfermedad relacionada con el calor y la deshidratación. Esto fue confirmado por un estudio de casos en los que la rabdomiólisis fue inicialmente mal diagnosticada; descubrió que los diagnósticos más comunes dados eran estrés por calor y deshidratación **[Gardner y Kark 1994]**. Los retrasos en el reconocimiento de la rabdomiólisis debido a un diagnóstico erróneo son problemáticos. Cuanto más grave es el caso y cuanto más se demora en hacer el diagnóstico correcto e iniciar el tratamiento, mayor es el riesgo de mayores complicaciones, algunas de las cuales pueden ser permanentes, como la reducción o pérdida de la función renal debido al síndrome compartimental.

La rabdomiólisis se diagnostica mediante la medición de creatina quinasa (CK), también conocida como creatina fosfoquinasa (CPK), en la sangre por un profesional de la salud con licencia. La gravedad de la rabdomiólisis depende del daño a otros sistemas de órganos y el nivel máximo de CK. Las consecuencias para la salud a largo plazo de la rabdomiólisis varían ampliamente y dependen en gran medida de la velocidad de reconocimiento y tratamiento **[Line and Rust 1995]**. La rabdomiólisis leve se puede tratar bebiendo muchos líquidos **[George et al. 2010]**. Los casos severos requieren hospitalización y tratamiento agresivo con fluidos intravenosos para diluir las proteínas y así minimizar su daño al riñón; monitorización del corazón en busca de cambios peligrosos en el ritmo del aumento de electrolitos; y monitoreo de la función renal **[Sauret et al. 2002]**. En casos severos, los riñones pueden fallar y se necesita diálisis inmediata para eliminar mecánicamente proteínas y electrolitos de la sangre **[Bosch et al. 2009]**. La caída en la función renal puede ser temporal, pero en algunos casos la función renal no se recupera, dejando a una persona anteriormente sana que enfrenta una vida de diálisis o posiblemente un trasplante de riñón. Hasta el 8% de los casos de rabdomiólisis son fatales **[Cervellin et al. 2010]**. En el pasado, el examen de rabdomiólisis incluía una prueba de orina que era positiva si contenía mioglobina pero no glóbulos rojos. Sin embargo, debido a que la mioglobina se excreta rápidamente y los niveles pueden volver a la normalidad dentro de las 6 horas posteriores a la lesión muscular, no se considera una prueba confiable para la afección. Un estudio mostró que solo el 19% de los pacientes diagnosticados

con rhabdomiólisis tenían niveles elevados de mioglobina en orina al momento del diagnóstico [**Counselman y Lo 2011**].

Los factores de riesgo para la rhabdomiólisis incluyen temperatura corporal central elevada por el calor ambiental, por el calor generado por el esfuerzo físico o por condiciones médicas que elevan la temperatura del cuerpo (por ejemplo, hipertermia maligna); deshidratación; medicamentos recetados (por ejemplo, estatinas y antihipertensivos para reducir el colesterol); medicamentos de venta libre (por ejemplo, antihistamínicos, medicamentos antiinflamatorios no esteroideos, omeprazol); ingesta excesiva de cafeína; uso de suplementos dietéticos (por ejemplo, creatina e Hydroxycut <sup>TM</sup>); uso de medicamentos, alcohol o anfetaminas; condiciones médicas subyacentes (por ejemplo, rasgo de células falciformes o lupus); e infecciones bacterianas o virales concurrentes (p. ej., influenza, Epstein-Barr o Legionella) [**Wrenn y Oschner 1989; Line and Rust 1995; Huerta-Alardin y col. 2005; Melli y col. 2005; Do y col. 2007; Makaryus y col. 2007; Dehoney y Wellein 2009; Nauss y col. 2009; Chatzizisis y col. 2010; George y col. 2010; de Carvalho et al. 2011**].

La diferenciación entre los tipos de exposición al calor que condujeron a la rhabdomiólisis es importante porque tienen diferentes signos, síntomas y posibles secuelas. Las víctimas del golpe de calor clásico generalmente no experimentan rhabdomiólisis tan severa como aquellas con golpe de calor por esfuerzo. Las personas con golpe de calor por esfuerzo con rhabdomiólisis a menudo tienen niveles más altos de CK, presencia de acidosis láctica, caída significativa en los niveles de calcio en la sangre (mientras muestran un pico peligrosamente alto en los niveles de potasio en la sangre que pueden causar irregularidades en el ritmo cardíaco), una mayor incidencia de insuficiencia renal (20% –30% frente a <5%), y un mayor riesgo de un trastorno de coagulación potencialmente fatal llamado coagulación intravascular diseminada [**DOD 2003**].

Algunos trabajos tienen intrínsecamente factores de riesgo para enfermedades relacionadas con el calor y rhabdomiólisis, como la lucha contra incendios. Los bomberos corren un mayor riesgo porque se encuentran de manera rutinaria con varias fuentes de calor mientras realizan su trabajo: el calor del fuego, el calor ambiental cuando se trabaja en climas cálidos y el calor generado por el esfuerzo físico prolongado durante los esfuerzos de extinción de incendios. El esfuerzo físico a menudo se incrementa por el esfuerzo de llevar peso

adicional. Los bomberos estructurales pueden llevar de 40 a 60 libras adicionales de equipo de protección, tanques de aire del equipo de respiración autónomo (SCBA) y varios equipos (por ejemplo, los ganchos de ventilación pueden pesar 20-80 lb).

Aunque los bomberos forestales no usan equipo de protección debido a la lejanía de los incendios que luchan, deben ser autosuficientes una vez que están en el lugar del incendio, lo que puede significar llevar paquetes de 40 a 110 libras mientras caminan terreno empinado por períodos prolongados. En una investigación de 2011 sobre la muerte por insolación de un bombero forestal perteneciente a un "equipo de tiro" entre agencias. NIOSH revisó los registros de la agencia y descubrió que habían documentado 255 casos no fatales de enfermedades relacionadas con el calor en los últimos 12 años **[NIOSH 2012]**. NIOSH investigó la muerte por insolación de un bombero estructural de 26 años que se derrumbó al final de un trote de 4.4 millas durante su curso de entrenamiento de cadetes a 22.8 ° C (73 ° F) de temperatura ambiente. Al llegar al departamento de emergencias tenía una temperatura interna de 40.7 ° C (105.3 ° F) y se descubrió que tenía rabiomiólisis. Posteriormente desarrolló insuficiencia renal aguda y diseminó la coagulación intravascular antes de morir 5 días después.

Se desconoce la incidencia de rabiomiólisis por esfuerzo sintomático en la población general **[Alpers y Jones 2010]**. Las personas en ocupaciones que requieren actividad física intensa y prolongada, como personal / reclutas militares, agentes de la ley y atletas, tienen un mayor riesgo de desarrollar rabiomiólisis **[CDC 1990; Gardner y Kark 1994; Walsh y Page 2006; O'Connor y Duester 2011]**. La mayoría de los casos de rabiomiólisis por esfuerzo agudo entre aprendices militares ocurren durante la primera semana de entrenamiento **[Olerud et al. 1976]**. Datos más recientes, del Centro de Vigilancia Sanitaria de las Fuerzas Armadas, informaron 378 casos de "rabiomiólisis probablemente debido a esfuerzo físico o estrés por calor" solo en 2013, lo que representa un aumento del 33% en la tasa de incidencia anual entre 2009 y 2013. Se observó que el 71% de estos casos ocurrieron entre Mayo y Septiembre **[Centro de Vigilancia Sanitaria de las Fuerzas Armadas 2014]**. Es un problema recurrente durante la práctica de fútbol de verano, ya que esto implica regímenes de entrenamiento físico intenso, a menudo con equipo de protección completo durante el clima cálido.

Los regímenes de ejercicio repetitivo y exhaustivo, incluido el "entrenamiento de incentivos" con ejercicios repetitivos de alta intensidad, como las flexiones, tienen más probabilidades de provocar rabdomiólisis que los regímenes prolongados de ejercicio submáximo **[Olerud et al. 1976]**. Aunque no es infrecuente que las personas de la población general que realizan actividades de esfuerzo superiores a su nivel basal de aptitud física desarrollen rabdomiólisis por esfuerzo, también ocurre en personas altamente condicionadas que pueden participar en actividades supramaximales (es decir, de alta intensidad, generalmente de corta duración) ejercicio o que tienen otros factores de riesgo concurrentes con una actividad de esfuerzo **[Walsh y Page 2006]**.

Además de abordar la causa de la rabdomiólisis (es decir, enfriar el cuerpo si la temperatura es alta), el tema común del tratamiento de la rabdomiólisis son los líquidos. Los casos leves de rabdomiólisis pueden tratarse con fluidos de rehidratación oral, que sirven para eliminar las proteínas dañinas de la sangre antes de que puedan dañar los riñones mientras restauran el agotamiento del volumen que a menudo acompaña a la rabdomiólisis. El tratamiento de casos más graves de rabdomiólisis requiere tasas de ingesta de líquidos durante períodos que no se pueden lograr con la bebida, por lo que es necesario el tratamiento hospitalario con líquidos intravenosos. El objetivo del tratamiento es obtener una producción de orina de 200 a 300 ml por hora mientras se monitorean los marcadores séricos de CK, potasio y función renal. Los pacientes con rabdomiólisis severa deben colocarse en monitores cardíacos, porque los niveles elevados de potasio pueden producir anomalías del ritmo cardíaco potencialmente fatales. Los niveles bajos de calcio en la sangre son comunes con la rabdomiólisis por esfuerzo y pueden provocar convulsiones. Puede ser necesaria la consulta con un nefrólogo para la hemodiálisis de emergencia si la función renal disminuye. La función renal puede o no recuperarse, y si no, el paciente requerirá diálisis periódica por el resto de su vida.

Otra posible complicación grave de la rabdomiólisis es el síndrome compartimental, que puede ocurrir si el músculo dañado está dentro de una vaina fibrosa con otros músculos. La mayoría de estas vainas se encuentran en los brazos y las piernas **[Cervellin et al. 2010]**. Todos los músculos dentro de la misma vaina se consideran en el mismo compartimento. Durante la rabdomiólisis, el músculo lesionado se inflama e inflama. Debido a que la vaina

fibrosa del compartimento no puede expandirse, la presión de esta hinchazón puede volverse lo suficientemente severa como para evitar que la sangre ingrese a la vaina, poniendo en peligro todos los músculos dentro de ese compartimento. A menos que un cirujano corte la vaina para aliviar la presión y restablecer el flujo sanguíneo, todos los músculos de ese compartimento podrían morir, lo que provocaría una pérdida permanente de la función de las extremidades afectadas **[Walsh y Page 2006]**.

Los pacientes con síndrome compartimental pueden presentar algunas de las "5 P" clásicas de insuficiencia vascular: dolor, palidez, falta de pulso, parestesias (es decir, sensación de hormigueo, entumecimiento o ardor, que generalmente se siente en las manos, pies, brazos o piernas ) y parálisis. El dolor es el más común de estos síntomas y con frecuencia es severo hasta el punto de ser difícil de controlar incluso con analgésicos narcóticos. Este dolor empeora con la extensión pasiva, y el inicio puede retrasarse durante horas o días después de la lesión inicial porque puede tomar tiempo para que la inflamación del músculo dañado se vuelva lo suficientemente grave como para bloquear el flujo de sangre al compartimento. En el examen, la extremidad afectada está hinchada, tensa y muy sensible a la presión aplicada (aunque el síndrome compartimental puede ocurrir en el abdomen y el cuello, con mayor frecuencia ocurre en las extremidades inferiores). La hinchazón del área afectada también puede evaluarse mediante la medición de la circunferencia de esa extremidad y la comparación con la del lado no afectado. Sin embargo, si se sospecha el síndrome compartimental, se indica una consulta quirúrgica inmediata, junto con la medición de la presión dentro del compartimento. Las presiones del compartimento no deben exceder los 30 mmHg (4 kPa); cuando lo hacen, es una indicación de transferencia inmediata a cirugía para fasciotomía. El tratamiento inmediato es crítico porque el daño permanente al músculo ocurre cuando su flujo sanguíneo se bloquea por más de 8 horas **[Haller 2011]**.

➤ **Agotamiento por calor**

El agotamiento por calor a menudo se considera un precursor del golpe de calor más grave. Este trastorno se ha encontrado con frecuencia en la evaluación experimental de la tolerancia al calor. Por lo general, se acompaña de una temperatura corporal central ligeramente elevada (38 ° C – 39 ° C o 100.4 ° F – 102.2 ° F). Los síntomas de dolor de cabeza, náuseas, vértigo, debilidad, sed, sudoración intensa, irritabilidad y disminución de la producción de orina son

comunes tanto al agotamiento por calor como a la etapa temprana del golpe de calor. Existe una amplia variación en la capacidad de tolerar un aumento de la temperatura corporal media; algunos individuos no pueden tolerar temperaturas rectales de 38 ° C a 39 ° C (100.4 ° F – 102.2 ° F) y otros continúan funcionando bien a temperaturas rectales aún más altas **[Joy y Goldman 1968]**.

No reemplazar el agua predispone al individuo a uno o más de los trastornos por calor, especialmente el agotamiento por calor y el golpe de calor. Los datos sugieren que se puede esperar que ocurran casos de agotamiento por calor unas 10 veces más frecuentes que los casos de insolación **[Khagali y Hayes 1983]**.

➤ **Calambres por calor**

Los calambres por calor no son infrecuentes en las personas que trabajan duro en el calor. La causa o causas exactas no se han determinado, pero los calambres por calor pueden atribuirse o asociarse con una pérdida continua de sal en el sudor, acompañada de una ingesta abundante de agua sin el reemplazo apropiado de sal. Otros electrolitos, como el magnesio, el calcio y el potasio, también pueden estar involucrados. Los calambres a menudo ocurren en los músculos utilizados principalmente durante el trabajo y pueden aliviarse fácilmente mediante el descanso, la ingestión de agua y la corrección de cualquier desequilibrio de electrolitos en los fluidos corporales (p. Ej., Con bebidas deportivas que contienen carbohidratos y electrolitos [concentración sérica de sodio <136 mEq / L]). Las tabletas de sal no deben tomarse. Las pérdidas de sal se reemplazan mejor por la ingestión de alimentos o líquidos salados normales durante muchas horas **[DOD 2003]**.

➤ **Síncope de calor**

El síncope de calor (desmayo) generalmente ocurre con una posición prolongada o un aumento repentino de una posición sentada o supina; en tales casos, la insuficiencia circulatoria temporal, debido a la acumulación de sangre en las venas periféricas, produce una disminución en el llenado diastólico del corazón **[DOD 2003]**. Los síntomas del síncope por calor incluyen mareos y desmayos. Los factores que pueden contribuir al síncope de calor incluyen la deshidratación y la falta de aclimatación. Los trabajadores que se han desmayado generalmente se recuperarán rápidamente si se sientan o se acuestan; sin embargo, la recuperación completa de la presión arterial estable y la FC puede demorar una o dos horas **[DOD 2003]**.

➤ **Erupciones por calor**

La erupción por calor más común es el calor espinoso (miliaria rubra), que aparece como pápulas rojas, generalmente en áreas donde la ropa es restrictiva, y provoca una sensación de picor, particularmente a medida que aumenta la sudoración. Ocurre en la piel que está constantemente humedecida por el sudor no evaporado, aparentemente porque las capas queratinosas de la piel absorben agua, se hinchan y obstruyen mecánicamente los conductos del sudor [**Pandolf et al. 1980b, 1980a; DiBenedetto y Worobec 1985**]. Si no se trata, las pápulas pueden infectarse y desarrollar infecciones estafilocócicas secundarias [**DOD 2003**]. Otro trastorno de la piel (miliaria cristalina) aparece con la aparición de sudoración en la piel previamente lesionada en la superficie, comúnmente en áreas quemadas por el sol. El daño evita el escape del sudor y da como resultado la formación de vesículas acuosas pequeñas a grandes, que disminuyen rápidamente una vez que se detiene la sudoración; el problema deja de existir una vez que la piel dañada se desprende.

La miliaria profunda ocurre cuando los conductos de sudor se bloquean debajo de la superficie de la piel. Esta erupción también ocurre después de una lesión por quemaduras solares, pero se ha informado que ocurre sin evidencia clara de una lesión cutánea previa. Discretas, pálidas elevaciones de la piel, parecidas a la carne de gallina, están presentes.

En la mayoría de los casos, estas erupciones desaparecen al regresar a un ambiente fresco. Cuando se pasa una parte sustancial del día en áreas frescas y / o secas para que la superficie de la piel se seque, es menos probable que ocurran erupciones u ocurran con menor frecuencia.

Aunque las erupciones por calor no son peligrosas en sí mismas, cada una puede dañar las áreas de la piel y reducir la sudoración, lo que reduce la pérdida de calor por evaporación e impacta la termorregulación. La piel húmeda y/o dañada también puede absorber productos químicos tóxicos con mayor facilidad que la piel seca e ininterrumpida. En miliaria rubra inducida experimentalmente, la capacidad de sudoración se recuperó en 3 a 4 semanas [**Pandolf et al. 1980b, 1980a**].

### 2.3.3 Trastornos de calor crónicos

Se han sugerido algunos efectos a largo plazo del estrés por calor (notados por evidencia anecdótica, histórica, epidemiológica y experimental). Las enfermedades graves relacionadas con el calor pueden causar daños permanentes en los órganos de una persona, como el corazón, los riñones y el hígado, lo que puede provocar un trastorno crónico.

Un estudio comparó una cohorte de personal del Ejército de EE. UU. Hospitalizado por enfermedades relacionadas con el calor con aquellos que tenían apendicitis. Las personas con enfermedades relacionadas con el calor tenían un riesgo 40% mayor de mortalidad por todas las causas que los pacientes con apendicitis [Wallace et al. 2007]. Además, se descubrió que los hombres con enfermedades relacionadas con el calor tenían una mayor tasa de muerte por enfermedad cardiovascular y cardiopatía isquémica, en comparación con los casos de apendicitis.

Se necesitan más estudios para aumentar nuestra comprensión de los efectos a largo plazo de las enfermedades relacionadas con el calor. La gravedad de la enfermedad, la duración de las exposiciones y la etiología y prevención de los calambres por calor son solo algunos de los muchos factores que pueden tener un efecto en la condición crónica de un trabajador.

## 2.4. CONSUMO O TASA METABOLICA (M)

La tasa metabólica es una conversión de energía química en energía mecánica y térmica y, como tal, constituye una medida del coste energético asociado al esfuerzo muscular y proporciona un índice numérico de actividad. La tasa metabólica es un elemento determinante del confort o la sobrecarga resultantes de la exposición a un ambiente térmico. **[ISO 8996:2004]**.

El gasto energético se expresa comúnmente en unidades de energía y potencia, el equivalente entre las mismas es la siguiente:

$$1 \text{ Kcal} = 4,184 \text{ KJ}$$

$$1 \text{ KJ} = 0,239 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ Kcal/h} = 1,161 \text{ w}$$

$$1 \text{ w} = 0,861 \text{ kcal/h}$$

$$1 \text{ Kcal/h} = 0,644 \text{ w/m}^2 \text{ (S.I.)}$$

$$1 \text{ w / m}^2 = 1,553 \text{ Kcal / hora (Para una superficie corporal estándar).}$$

Según la **[ISO 8996:2004]** las estimaciones, tablas y otros datos se refieren a un individuo "medio":

- Hombre de 30 años de edad, 70 kg de masa y 1,75 m de altura (área de la superficie del cuerpo de 1,8 m<sup>2</sup>).
- Mujer de 30 años de edad, 60 kg de masa y 1,70 m de altura (área de la superficie del cuerpo de 1,6 m<sup>2</sup>).

Conviene realizar los ajustes oportunos cuando traten con poblaciones especiales, incluido niños, personas mayores, individuos con minusvalías, etc.

<i>Factor de Corrección por Peso (Hombre)</i>
<i>Factor = Peso / 70 Kg</i>

La eficiencia mecánica del trabajo muscular (llamada .trabajo útil., *W*) es baja. En la mayoría de los tipos de trabajo industria es tan pequeña (un porcentaje muy bajo) que se considera despreciable. Ello significa que el consumo total de energía mientras se trabaja es igual al calor producido. Se supone que la tasa metabólica es igual a la tasa de producción de calor **[8996:2004]** .

Existen varios métodos para determinar el gasto energético, que se basan en la consulta de tablas o en la medida de algún parámetro fisiológico. En la **tabla 2.7** se relacionan los diferentes enfoques para la determinación de la tasa metabólica:

**Tabla 2.7. Niveles para la determinación de la tasa metabólica.**

Nivel	Método	Precisión	Inspección del lugar de trabajo
1 Tanteo	1A: Clasificación del tamaño de la ocupación.	Información aproximada. Muy alto riesgo de error	No es necesaria, pero se requiere información sobre el equipo técnico y la organización del trabajo.
	1B: Clasificación del tamaño de la actividad.		
2 Observación	2A: Tablas de evaluación de grupo.	Alto riesgo de error. Precisión: $\pm 20\%$	Se requiere un estudio temporal y del movimiento.
	2B: Tablas para actividades específicas.		
3 Análisis	Medida del ritmo cardiaco bajo condiciones determinadas.	Riesgo de error medio. Precisión: $\pm 10\%$	Se requiere un estudio para determinar un período representativo.
4 Actuación experta	4A: Medida del consumo de oxígeno.	Errores dentro de los límites de precisión de la medida o del estudio temporal y del movimiento. Precisión: $\pm 5\%$	Se requiere un estudio temporal y del movimiento.
	4B: Método del agua doblemente marcada.		No es necesaria la inspección del lugar de trabajo, pero deben evaluarse las actividades de ocio.
	4C: Calorimetría directa.		No es necesaria la inspección del lugar de trabajo.

**Adaptado de las ISO 15265:2004.**

La estimación del consumo metabólico a través de tablas implica aceptar unos valores estandarizados para distintos tipos de actividad, esfuerzo, movimiento, etc. y suponer, tanto que la población se ajusta a la que sirvió de base para la confección de las tablas, como que las acciones generadoras de un gasto energético son las mismas que las expresadas en las tablas. Estos dos factores son los que marcan las desviaciones más importantes respecto a la realidad y motivan que este tipo de métodos ofrezcan menor precisión que los basados en mediciones de parámetros fisiológicos. A cambio son mucho más fáciles de aplicar y en general son los más utilizados.

Así mismo, hay que tener en cuenta que determinadas condiciones pueden variar los resultados como, por ejemplo, el estrés, las prendas de abrigo o protección pesadas o el frío intenso.

- **Nivel 1: Tanteo**

- Consumo metabólico según la ocupación:

Se obtiene el consumo metabólico a través de tablas (**tabla 2.8.**) que lo relacionan con diferentes profesiones. Hay que tener en cuenta que en los valores que figuran en dicha tabla se incluye el metabolismo basal, que se define más adelante.

El progreso tecnológico hace que la actividad física que conllevan las distintas profesiones varíe sustancialmente con el tiempo, por lo que este método puede ser muy impreciso

Los valores son valores medios para el tiempo total de trabajo, sin considerar los periodos de descanso prolongados.

**Tabla 2.8. Tasa metabólica para diversas ocupaciones.**

Ocupación		Tasa Metabólica (W/m <sup>2</sup> )
Trabajo de oficina	Trabajo sedentario	55 a 70
	Trabajo administrativo	70 a 100
	Conserje	80 a 115
Artesanos	Albañil	110 a 160
	Carpintero	110 a 175
	Cristalero	90 a 125
	Pintor	100 a 130
	Panadero	110 a 140
	Carnicero	105 a 140
	Relojero	55 a 70
Minería	Operador de vagoneta	70 a 85
	Picador de carbón	110
	Operador de horno de coque	115 a 175
Industria del hierro y del acero	Operador de alto horno	170 a 220
	Operador de horno eléctrico	125 a 145
	Moldeo manual	140 a 240
	Moldeo a máquina	105 a 165
	Fundidor	140 a 240
Industria del metal	Herrero	90 a 200
	Soldador	75 a 125
	Tornero	75 a 125
	Fresador	80 a 140
	Mecánico de precisión	70 a 110
Artes gráficas	Componedor a mano	70 a 95
	Encuadernador	75 a 100
Agricultura	Jardinero	115 a 190
	Tractorista	85 a 110
Transporte	Conductor de automóvil	70 a 100
	Conductor de autobús	75 a 125
	Conductor de tranvía	80 a 115
	Operador de grúa	65 a 145
Ocupaciones varias	Ayudante de laboratorio	85 a 100
	Profesor	85 a 100
	Dependiente de comercio	100 a 120
	Secretario	70 a 85

**Referencia: ISO 8996:2004. Anexo A.**

- Consumo metabólico según el tamaño de actividad:

Mediante este sistema se puede clasificar de forma rápida el consumo metabólico en reposo, ligero, moderado, pesado o muy pesado, en función del tipo de actividad desarrollada. El término numérico que se obtiene representa sólo el valor medio, dentro de un intervalo posible demasiado amplio. Se supone que las actividades incluyen períodos de descanso cortos. Desde un punto de vista cuantitativo el método permite establecer con cierta rapidez cual es el nivel aproximado de metabolismo. Por su simplicidad es un método bastante utilizado. En la **tabla 2.9**, se representa la mencionada clasificación por tipos de actividad.

- **Nivel 2: Observación**

- Consumo metabólico a partir de los requisitos de la tarea.

Este método ofrece mayor precisión que los anteriores, ya que limita la extensión de la actividad a la que asigna el gasto metabólico, utilizando tablas que otorgan valores de gasto energético a tareas que suelen formar parte del trabajo habitual.

Mediante este tipo de tablas se dispone, por separado, de información sobre posturas, desplazamientos, etc., de forma que la suma del gasto energético que suponen esos componentes, que en conjunto integran la actividad, es el consumo metabólico de esa actividad. La tasa metabólica se determina añadiendo a la tasa metabólica basal las tasas metabólicas asociadas a la postura del cuerpo, al tipo de trabajo y al movimiento del cuerpo, en relación con la velocidad de trabajo. Es posiblemente el sistema más utilizado para determinar el consumo metabólico:

**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.). La **tabla 2.10** muestra su valor en función del sexo y la edad. Puede tomarse como una buena aproximación, 44 w/m<sup>2</sup> para los hombres y 41 w/m<sup>2</sup> para mujeres (corresponden aproximadamente al metabolismo basal de un hombre de 1,7 metros de altura 70 kg de peso y 35 años de edad, y de una mujer de 1,6 metros de altura, 60 kg de peso, y 35 años).

**Componente postural.** Es el consumo de energía que tiene una persona en función de la postura que mantiene (de pie, sentado, etc.). En la **tabla 2.11** se muestran los valores que hay que añadir a la **tabla 2.12** cuando no se realiza la tarea en posición sedente.

**Componente del tipo de trabajo.** Es el gasto energético que se produce en función del tipo de trabajo (manual, con un brazo, con el tronco, etc.) y de la intensidad de éste (ligero, moderado, pesado, etc.) La **tabla 2.12** muestra los valores correspondientes incluyendo el metabolismo basal. Si quiere hacerse un cálculo personalizado, hay que restar 45 w/m<sup>2</sup> a cualquiera de los valores de la **tabla 2.12** y sumar el consumo metabólico para la persona determinada, teniendo en cuenta el sexo y la edad, según los valores que se recogen en la **tabla 2.10**.

Tabla 2.9. Clasificación de la tasa metabólica por categorías

Clase	Tasa metabólica media (Rango entre		Ejemplos
	W / m <sup>2</sup>	W	
<b>0 Descanso</b>	65 (55 a 70)	115 (100 a 125)	Descansando, sentado cómodamente.
<b>1 Tasa metabólica baja</b>	100 (70 a 130)	180 (125 a 235)	Trabajo manual ligero (escribir, teclear, dibujar, coser, anotar contabilidad); trabajo con brazos y manos (herramientas pequeñas, inspección, montaje o clasificación de materiales ligeros); trabajo con pié y piernas (conducción de vehículos en condiciones normales, empleo de pedales de accionamiento). De pié, taladrado (piezas pequeñas); fresado (piezas pequeñas); enrollado de bobinas y de pequeñas armaduras; mecanizado con herramientas de pequeña potencia; caminar sin prisa (velocidad de hasta 2,5 km/h).
<b>2 Tasa metabólica moderada</b>	165 (130 a 200)	295 (235 a 360)	Trabajo sostenido con manos y brazos (clavar clavos, limar); trabajo con brazos y piernas (conducción de camiones, tractores o máquinas de obras públicas en obras); trabajo con tronco y brazos (martillos neumáticos, acoplamiento de aperos a tractor, enyesado, manejo intermitente de pesos moderados, escardar, usar la azada, recoger frutas y verduras, tirar de o empujar carretillas ligeras, caminar a una velocidad de 2,5 km/h hasta 5,5 km/h, trabajos en forja).
<b>3 Tasa metabólica alta</b>	230 (200 a 260)	415 (360 a 465)	Trabajo intenso con brazos y tronco; transporte de materiales pesados; palear; empleo de macho o maza; empleo de sierra; cepillado o escopleado de madera dura; corte de hierba o cavado manual; caminar a una velocidad de 5,5 km/h hasta 7 km/h. Empujar o tirar de carretillas o carros de mano muy cargados; desbarbado de fundición; colocación de bloques de hormigón.
<b>4 Tasa metabólica muy alta.</b>	290 (>260)	520 (>465)	Actividad muy intensa a ritmo de muy rápido a máximo; trabajo con hacha; cavado o paleado intenso; subir escaleras, rampas o escalas; caminar rápidamente a pequeños pasos; correr; caminar a una velocidad superior a los 7 km/h.

Referencia: ISO 8996:2004. Anexo A.

Tabla 2.10. Metabolismo basal en función de la edad y sexo

VARONES		MUJERES	
Años de edad	Watios / m <sup>2</sup>	Años de edad	Watios / m <sup>2</sup>
12	54,230	12	51,365
13 - 15	53,766	12,5	50,553
16	53,035	13	49,764
16,5	52,548	13,5	48,836
17	51,968	14	48,082
17,5	51,075	14,5	47,258
18	50,170	15	46,516
18,5	49,532	15,5	45,704
19	49,091	16	45,066
19,5	48,720	16,5	44,428
20 - 21	48,059	17	43,871
22 - 23	47,351	17,5	43,384
24 - 27	46,678	18 - 19	42,618
28 - 29	46,180	20 - 24	41,969
30 - 34	45,634	25 - 44	41,412
35 - 39	44,869	45 - 49	40,530
40 - 44	44,080	50 - 54	39,394
45 - 49	43,349	55 - 59	38,489
50 - 54	42,607	60 - 64	37,828
55 - 59	41,876	65 - 69	37,468
60 - 64	41,157		
65 - 69	40,368		

Referencia: NTP1011:2014.

Tabla 2.11. Suplemento para la tasa Metabólica debido a las posturas del cuerpo

Postura del cuerpo	Tasa metabólica (en W/m <sup>2</sup> )
Sentado	0
De rodillas	10
En cuclillas	10
De pie	15
De pie e inclinado hacia delante	20

Referencia: ISO 8996:2004. Anexo B.

**Tabla 2.12. Tasa Metabólica para la carga de trabajo según la parte del cuerpo implicada**

Parte del cuerpo		Carga de trabajo		
		Ligera	Media	Pesada
Ambas manos	Valor medio	70	85	95
	Rango	< 75	75 a 90	> 90
Un brazo	Valor medio	90	110	130
	Rango	< 100	100 a 120	> 120
Ambos brazos	Valor medio	120	140	160
	Rango	< 130	130 a 150	> 150
Cuerpo entero	Valor medio	180	245	335
	Rango	< 210	210 a 285	> 285

**Referencia: ISO 8996:2004. Anexo B.**

- Tasa metabólica para actividades específicas.  
Se puede utilizar la **tabla 2.13 Tasa metabólica para actividades específicas** para conocer la tasa metabólica de una determinada actividad en concreto. Si las velocidades de trabajo difieren de las de la tabla, pueden interpolarse valores siempre y cuando se esté dentro del rango de un  $\pm 25\%$  de la velocidad descrita en la misma.

### Variación del gasto energético para un ciclo de trabajo.

Se considera que hay una variación del gasto energético para un ciclo de trabajo cuando las condiciones del trabajo varían durante la jornada laboral por lo que las tablas no son de aplicación directa y los valores de consumo energético deben ponderarse en el tiempo. Para la tasa metabólica media ponderada en función del tiempo se emplean los datos de las tablas 2.11, 2.12 ó 2.13.

Esto exige el cronometraje del puesto de trabajo, de forma que se conozca la duración de cada tarea, de la actividad, etc. Cuando se conocen estos datos y se hace un análisis detallado de las actividades que se llevan a cabo a lo largo de un ciclo de trabajo, el consumo metabólico medio de una serie de tareas consecutivas viene dado por la expresión:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i t_i)}{T} \dots\dots\dots (I)$$

$$\text{Siendo: } T = \sum_{i=1}^n (t_i)$$

M = Consumo metabólico medio durante el periodo de tiempo T (un ciclo de trabajo).

M<sub>i</sub> = Consumo metabólico durante el periodo de tiempo t<sub>i</sub> (tiempo de actividad)

t<sub>i</sub>: Duración de la actividad en minutos

T: duración del ciclo

Esta forma de ponderar en el tiempo es útil cuando el trabajo habitual del individuo es la repetición consecutiva de un conjunto de tareas (ciclo de trabajo). En este caso, para determinar el consumo metabólico medio de esa persona (durante su jornada laboral) basta con utilizar la expresión (I) aplicada a un ciclo de trabajo.

**Tabla 2.13. Tasa Metabólica para actividades específicas**

Actividad	W·m <sup>-2</sup>
Dormir	40
Recostado	45
Descanso, sentado	55
Descanso, de pie	70
Caminar en horizontal, suelo llano y firme	
1. Sin carga	
a 2 km·h <sup>-1</sup>	110
a 3 km·h <sup>-1</sup>	140
a 4 km·h <sup>-1</sup>	165
a 5 km·h <sup>-1</sup>	200
2. Con carga	
10 kg, 4 km·h <sup>-1</sup>	185
30 kg, 4 km·h <sup>-1</sup>	250
Caminar cuesta arriba, suelo liso y firme	
1. Sin carga	
Inclinación de 5°, 4 km·h <sup>-1</sup>	180
Inclinación de 15°, 3 km·h <sup>-1</sup>	210
Inclinación de 25°, 3 km·h <sup>-1</sup>	300
2. Con una carga de 20 kg	
Inclinación de 15°, 4 km·h <sup>-1</sup>	270
Inclinación de 25°, 4 km·h <sup>-1</sup>	410
Caminar cuesta abajo a 5 km·h <sup>-1</sup> , sin carga	
Inclinación de 5°	135
Inclinación de 15°	140
Inclinación de 25°	180
Subir por una escalera de mano, inclinada 70°, a un velocidad de 11,2 m·min <sup>-1</sup>	
sin carga	290
con una carga de 20 kg	360
Empujar o tirar de una vagoneta, 3,6 km·h <sup>-1</sup> , suelo llano y firme	
fuerza de empuje: 12 kg	290
fuerza de tiro: 16 kg	375
Empujar una carretilla, suelo llano, 4,5 km·h <sup>-1</sup> , ruedas de goma, 100 kg de carga	
Limar hierro	
42 golpes de lima/min	100
60 golpes de lima/min	190
Trabajar con un mazo, a 2 manos, peso del mazo 4,4 kg, 15 golpes/min	
Trabajo de carpintería	
serrado a mano	220
serrado a máquina	100
cepillado a mano	300
Colocar ladrillos, 5 ladrillos/min	
Atornillar	100
Cavar una zanja	290
Actividad sedentaria (oficina, hogar, escuela, laboratorio)	
	70
De pie, actividad ligera (comprar, laboratorio, industria ligera)	
	95
De pie, actividad media (dependiente de tienda, trabajo doméstico, trabajo con máquina)	
	115
Trabajo con máquina herramienta	
ligero (ajuste, montaje)	100
medio (carga)	140
pesado	210
Trabajo con una herramienta manual	
ligero (pulido ligero)	100
medio (pulido)	160
pesado (taladrado pesado)	230

**Referencia: ISO 8996:2004. Anexo B.**

- **Nivel 3: Análisis**

Existe un método destinado a personas con formación en salud laboral y en ergonomía del ambiente térmico. La tasa metabólica se determina a partir del registro del ritmo cardíaco durante un período de tiempo representativo. Este método para la determinación indirecta de la tasa metabólica está basado en la relación entre el consumo de oxígeno y el ritmo cardíaco, en condiciones específicas [ISO 8996:2004].

Disponemos de dos instrumentos bien diferenciados para monitorizar la frecuencia cardíaca:

- El pulsómetro o cardiofrecuencímetro.
- El «Holter» que consiste en la grabación de forma continuada y ambulatoriamente de la actividad cardíaca mediante una «grabadora» de bajo peso conectada a unos electrodos que se colocan en el abdomen y tórax del explorado. Las señales emitidas por el corazón son registradas sobre una banda magnética que posteriormente será desmenuzada por un analizador.

- **Nivel 4: Actuación experta**

Se presentan tres métodos. Todos ellos requieren medidas concretas realizadas por expertos:

- En el método 4A se mide el consumo de oxígeno durante períodos de tiempo cortos (entre 10 min y 20 min) (para justificar la representatividad del período de medida es necesario un estudio detallado de los tiempos y los movimientos);
- El método 4B es el llamado método del agua doblemente marcada y está concebido para determinar la tasa metabólica media durante períodos mucho más prolongados (de 1 a 2 semanas);
- El método 4C es un método calorimétrico directo.

Los factores principales que afectan a la precisión de las estimaciones son los siguientes:

- Variabilidad entre individuos;
- Diferencias en el equipo de trabajo;
- Diferencias en la velocidad de trabajo;
- Diferencias en la técnica y destreza de trabajo;
- Diferencias entre sexos y características antropométricas;
- Diferencias culturales;
- Diferencias entre observadores y en su nivel de entrenamiento, cuando se usan las tablas;
- Cuando se emplea el nivel 3, la precisión de la relación entre el ritmo cardíaco y el consumo de oxígeno, ya que existen factores de estrés que también influyen en el ritmo cardíaco;
- En el nivel 4, la precisión de la medida (determinación del volumen de gas y de la fracción de oxígeno).

## 2.5. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DEBIDO AL CALOR

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) propone un esquema de actuación para la evaluación de los riesgos por estrés térmico por calor (**Ver figura 2.3**). En él se indican los pasos a seguir teniendo en cuenta la valoración del estrés térmico y la sobrecarga térmica. Las pautas que se describen no marcan la diferencia exacta entre lo que se considera niveles seguros o peligrosos, el proceso requiere del juicio profesional y de una gestión adecuada de las situaciones, por parte de la empresa, para garantizar la protección adecuada.

Las diferentes etapas del proceso, numeradas en el esquema, se explican a continuación:

### (1) ROPA

En el diagrama de actuación se observa la importancia que adquiere la ropa en la toma de decisión, ya que condiciona la pérdida de calor del cuerpo y, en consecuencia, la respuesta al calor.

La circulación de aire frío y seco sobre la superficie de la piel mejora el intercambio de calor a través de la evaporación y convección. Las prendas de ropa térmicamente aislantes e impermeables al paso del aire o vapor de agua (p.e. varias capas superpuestas o trajes aislantes) limitan severamente este intercambio sobre la superficie de la piel. La consecuencia es que con un incremento de la actividad metabólica puede producirse una situación de sobrecarga térmica, a pesar de que en un principio las condiciones ambientales no se consideren peligrosas.

A la hora de elegir el tipo de ropa para un puesto de trabajo se debe tener en cuenta no solo que su aislamiento térmico sea reducido (posibilidad de intercambio térmico por convección) sino que también permita la evaporación del sudor de la piel. En ambientes muy calurosos, a menudo es necesario que la ropa proteja de quemaduras por contacto o de la radiación térmica, debe tenerse en cuenta que ello puede dificultar la evaporación del sudor, e incrementar el nivel de estrés térmico.

La **figura 2.3** requiere una decisión sobre la ropa y cómo podría afectar la pérdida de calor. La evaluación de la exposición al calor basada en el TGBH se desarrolló para un uniforme de trabajo tradicional de una camisa de manga larga y pantalones. Si la ropa requerida se describe adecuadamente por uno de los conjuntos en la **Tabla 2.2** o por otros datos disponibles, entonces se selecciona la rama "S1".

En definitiva, si la vestimenta de trabajo que se va a utilizar presenta alguna de las características descritas a continuación; se debe proseguir a **Monitorización fisiológica del riesgo de sobrecarga térmica (6)**. [NTP 922:2011].

- La ropa supone una barrera para el paso de vapor de agua o del aire a través de ella.
- Se trata de un traje hermético (p.e traje protección frente al riesgo químico).
- La indumentaria de trabajo está constituida de múltiples capas de ropa.

Dependiendo de las características de la vestimenta este influye en el proceso de intercambio de calor entre la persona y el medio ambiente para lo cual se define dicha característica como resistencia térmica de la vestimenta; este parámetro expresa la capacidad que tienen las prendas para aislar térmicamente, su unidad de medida es "Clo". En la **tabla 2.2 Factores de ajuste de ropa para tipos de ropa** se muestra el factor de corrección para el TGBH de acuerdo al tipo de ropa empleado.

## (2) CÁLCULO DEL INDICE TGBH

En la evaluación de riesgo por calor se utiliza el método del índice TGBH con el fin de realizar una primera detección de aquellas situaciones en las que puedan existir riesgos por calor. Se trata de una primera aproximación, un método empírico que únicamente discrimina las situaciones que pueden ser peligrosas. [NTP 922, 2011].

El índice TGBH ofrece un útil índice de primer orden de la contribución ambiental al estrés térmico por calor. Está influenciado por la temperatura del aire, el calor radiante, el movimiento del aire y la humedad. Como aproximación, no tiene en cuenta todas las interacciones entre una persona y el medio ambiente y no puede tener en cuenta condiciones especiales como el calentamiento de una fuente de radiofrecuencia / microondas [TLV's & BEI's, ACGIH .2018].

Los valores de TGBH se calculan utilizando una de las siguientes ecuaciones:

**Tabla N°2.14. TGBH en el interior de edificaciones o en el exterior sin radiación solar**

Trabajo sin carga solar o bajo techo
$TGBH(i) = 0.7 TBH + 0.3 TG$

**Tabla N°2.15. TGBH en exteriores o con radiación solar**

Trabajo con carga solar o al aire libre
$TGBH(e) = 0.7 TBH + 0.2 TG + 0.1 TBS$

### Dónde:

- TGBH: Temperatura de globo y bulbo húmedo.
- TBH: Temperatura de bulbo húmedo.
- TG: Temperatura de globo.
- TBS: Temperatura de bulbo seco.

Cuando la temperatura no es constante en los alrededores del puesto de trabajo, de forma que puede haber diferencias notables entre mediciones efectuadas a diferentes alturas, debe hallarse el índice TGBH realizando tres mediciones, a nivel de tobillos, abdomen y cabeza, utilizando la expresión siguiente:

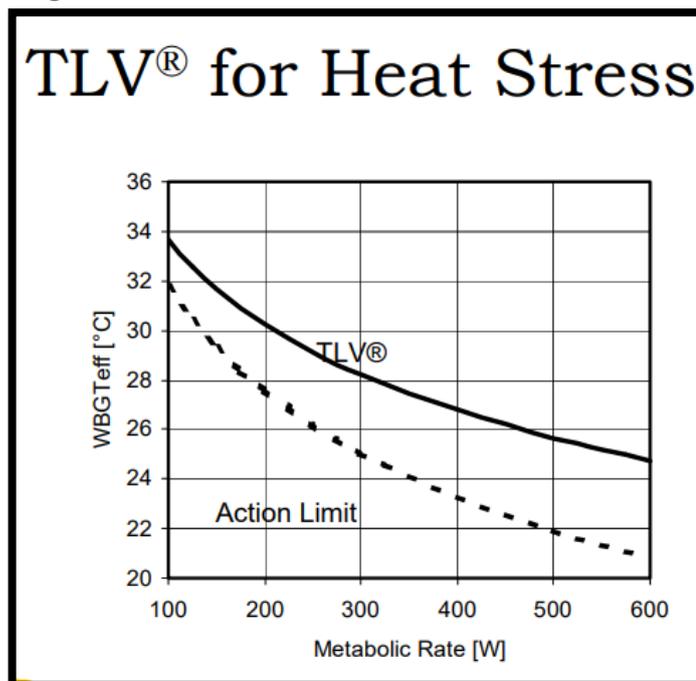
$$\text{TGBH} = \frac{\text{TGBH (cabeza)} + 2 * \text{TGBH (abdomen)} + \text{TGBH (tobillos)}}{4}$$

Las mediciones deben realizarse a 0.1m, 1.1m y 1.7m del suelo si la posición en el puesto de trabajo es de pie, y a 0.1m, 0.6m y 1.1m, si es sentado. Si el ambiente es homogéneo, basta con una medición a la altura del abdomen [DS024-2016-EM. Guia2].

Debido a que el índice TGBH es solo un índice del medio ambiente, los criterios de detección se ajustan a las contribuciones de las demandas laborales y de la vestimenta. La **Figura 2.2**, **Tabla 2.16** y **Tabla 2.17** proporcionan los criterios TGBH adecuados para fines de detección. Para los conjuntos de ropa enumerados en la **Tabla 2.2**, las **Tabla 2.16** y **2.17** se pueden usar cuando los valores de ajuste de la ropa se agregan al índice de TGBH ambiental.

Para determinar el grado de exposición al estrés por calor, se debe considerar el patrón de trabajo y las demandas. Si el trabajo (y el descanso) se distribuye en más de una ubicación, entonces se debe usar un índice TGBH promedio ponderado en el tiempo para comparar con los límites de las **Tablas 2.16** y **2.17**. [TLV's & BEI's, ACGIH .2018].

**Figura 2.2. Valor Limite Umbral vs Limite de Acción.**



**Fuente: ACGIH "2018 TLV's and BEI's" Figure 2**

El método del índice TGBH fue desarrollado para un uniforme de trabajo de camisa de manga larga y pantalones (aproximadamente  $I=0,5$  clo). No obstante, tal como se indica en la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo (INSHT), se pueden realizar ciertas correcciones, aplicables siempre que la ropa no dificulte de forma importante el intercambio de calor entre la superficie de la piel y el ambiente, en cuyo caso se desaconseja la evaluación de las condiciones de trabajo a partir de los métodos de análisis teórico que se proponen (índice TGBH o Índice Sobrecarga Térmica) y se debería recurrir a la monitorización fisiológica (ver apartado 6) [NTP 922. 2011].

### Variación de las condiciones de trabajo con el tiempo

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales. En estos casos se debe hallar el índice TGBH o el consumo metabólico, ponderados en el tiempo, aplicando las expresiones siguientes [DS024-2016-EM. Guia2]:

$$TGBH = \frac{\sum_{i=1}^n TGBHi * ti}{\sum_{i=1}^n ti}$$

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n Mi * ti}{\sum_{i=1}^n ti}$$

Esta forma de ponderar sólo puede utilizarse bajo la condición de que:

$$\sum_{i=1}^n ti \leq 60$$

Esto se debe a que las compensaciones de unas situaciones térmicas con otras no ofrecen seguridad en periodos de tiempos largos.

### (3) COMPARACIÓN CON LOS VALORES LIMITE DEL INDICE TGBH

En función de la tasa metabólica, el ritmo de trabajo (% de cada hora dedicado al trabajo) y la aclimatación de los individuos, están establecido los valores límite para el índice TGBH, que determina el grado de exposición.

**Tabla N°2.16. Valor Límite Umbral**

% de trabajo	Valor Límite Umbral (Aclimatado) TGBH en °C			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy Pesado
75% a 100 %	31	28	---	---
50% a 75%	31	29	27.5	---
25% a 50%	32	30	29	28
0% a 25%	32.5	31.5	30.5	30

Fuente: ACGIH "2019 TLV's and BEI's" Tabla 2

**Tabla N°2.17. Límite de Acción**

% de trabajo	Límite de Acción (No Aclimatado) TGBH en °C			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
75% a 100 %	28	25	---	---
50% a 75%	28.5	26	24	---
25% a 50%	29.5	27	25.5	24.5
0% a 25%	30	29	28	27

Fuente: ACGIH "2019 TLV's and BEI's" Tabla 2

**\* Notas (Tabla 2.16 y 2.17):**

- Consulte la **tabla 2.9** y la documentación para las categorías de demanda de trabajo.
- Los valores del índice TGBH se expresan al 0.5 ° C más cercano.
- Los umbrales se calculan como una tasa metabólica TWA, donde la tasa metabólica para el descanso se toma como 115 W y el trabajo es el valor representativo (rango medio) de la **Tabla 2.9** la base de tiempo se toma como la proporción de trabajo en el límite superior del porcentaje de rango de trabajo (por ejemplo, 50% para el rango de 25 a 50%).
- Si los entornos de trabajo y descanso son promedios ponderados por hora (TWA) diferentes, se debe calcular y usar el índice TGBH. Las tasas de TWA para el trabajo también deben usarse cuando las demandas de trabajo varían dentro de la hora, pero tenga en cuenta que la tasa metabólica para el descanso ya está incluida en el límite de detección.
- Los valores en la tabla se aplican por referencia a la sección "Régimen de trabajo - descanso" de la Documentación y asumen días de trabajo de 8 horas en una semana laboral de 5 días con descansos convencionales como se discute en la Documentación. Cuando los días laborables se extiendan, consulte la sección "Aplicación del TLV" de la Documentación.
- Debido a la tensión fisiológica asociada con el trabajo pesado y muy pesado entre los trabajadores menos en forma, independientemente del índice TGBH, no se proporcionan valores de criterios para el trabajo continuo y para hasta un 25% de descanso en una hora para el trabajo muy pesado. No se recomiendan

los criterios de detección, y se debe utilizar un análisis detallado y/o monitoreo fisiológico.

- Las **Tablas 2.16 y 2.17** pretenden ser una herramienta de detección inicial para evaluar si puede existir una situación de estrés por calor (de acuerdo con la **Figura 2.3**) y, por lo tanto, la tabla es más protectora que el TLV o el Límite de acción (**Figura 2.2**). Debido a que los valores son más protectores, no pretenden prescribir períodos de trabajo y recuperación.

Basado en la categoría de tasa metabólica para el trabajo y la proporción aproximada de trabajo dentro de una hora, se puede encontrar un criterio TGBH en las **Tablas 2.16 y 2.17** para TLV y para el Límite de Acción. Si el TGBH promedio ponderado en el tiempo ajustado para la ropa es menor que el valor de la tabla para el Límite de acción, se toma la rama "NO" en la **Figura 2.3**, y hay poco riesgo de exposiciones excesivas al estrés por calor. Si las condiciones están por encima del Límite de acción, pero por debajo del TLV®, considere los controles generales descritos en la **Tabla 2.18**. Si hay informes de síntomas de trastornos relacionados con el calor, como fatiga, náuseas, mareos y aturdimiento, entonces el análisis debe ser reconsiderado.

Si las condiciones de trabajo están por encima de los criterios de detección de TLV® en la **Tabla 2.16**, entonces se requiere un análisis adicional después de la rama "SÍ". Revisar el Apartado 4. Análisis detallado.

#### **(4) ANALISIS DETALLADO**

El cálculo del índice TGBH es una primera fase en el proceso de evaluación y control de situaciones muy calurosas. Cuando dicho índice TGBH es superior a los límites establecidos es conveniente realizar un análisis más detallado de la situación, empleando una metodología de mayor precisión que informe en profundidad de las condiciones de estrés térmico. El Método del índice de Sobrecarga Térmica (IST) que describe la UNE-EN ISO 7933:2004 permite identificar (y priorizar) las causas de la exposición, calcular el tiempo máximo de permanencia en esas condiciones y organizar el trabajo en etapas de forma que se puedan compensar periodos de actividad y de recuperación. **[NTP 922. 2011]**

Los fundamentos teóricos de la metodología en mención se detallan mejor en la segunda parte de la NTP 922 y los cálculos correspondientes se pueden llevar a cabo mediante el "Calculador" del INSHT (<http://calculadores.insht.es:86>).

Los criterios de selección requieren el conjunto mínimo de datos para hacer una determinación. Los análisis detallados requieren más datos sobre las exposiciones. Después de la **Figura 2.3**, la siguiente pregunta se refiere a la disponibilidad de datos para un análisis detallado. Si estos datos no están disponibles, la rama "NO" lleva la evaluación al monitoreo fisiológico para evaluar el grado de tensión por calor.

Si los datos para un análisis detallado están disponibles, el siguiente paso en la **Figura 2.3** es el análisis detallado. Si la exposición no excede los criterios para el Límite de acción (o trabajadores no aclimatados) para el análisis detallado apropiado (por ejemplo, análisis TGBH, otro método empírico o un método racional), entonces se puede tomar la rama "NO". Si se exceden los criterios del Límite de acción pero no se exceden los criterios para el TLV® (u otro límite para trabajadores aclimatados) en el análisis detallado, entonces considere los controles generales y continúe monitoreando las condiciones. Los controles generales incluyen capacitación para trabajadores y supervisores, prácticas de higiene por estrés por calor y vigilancia médica (**Tabla 2.18**).

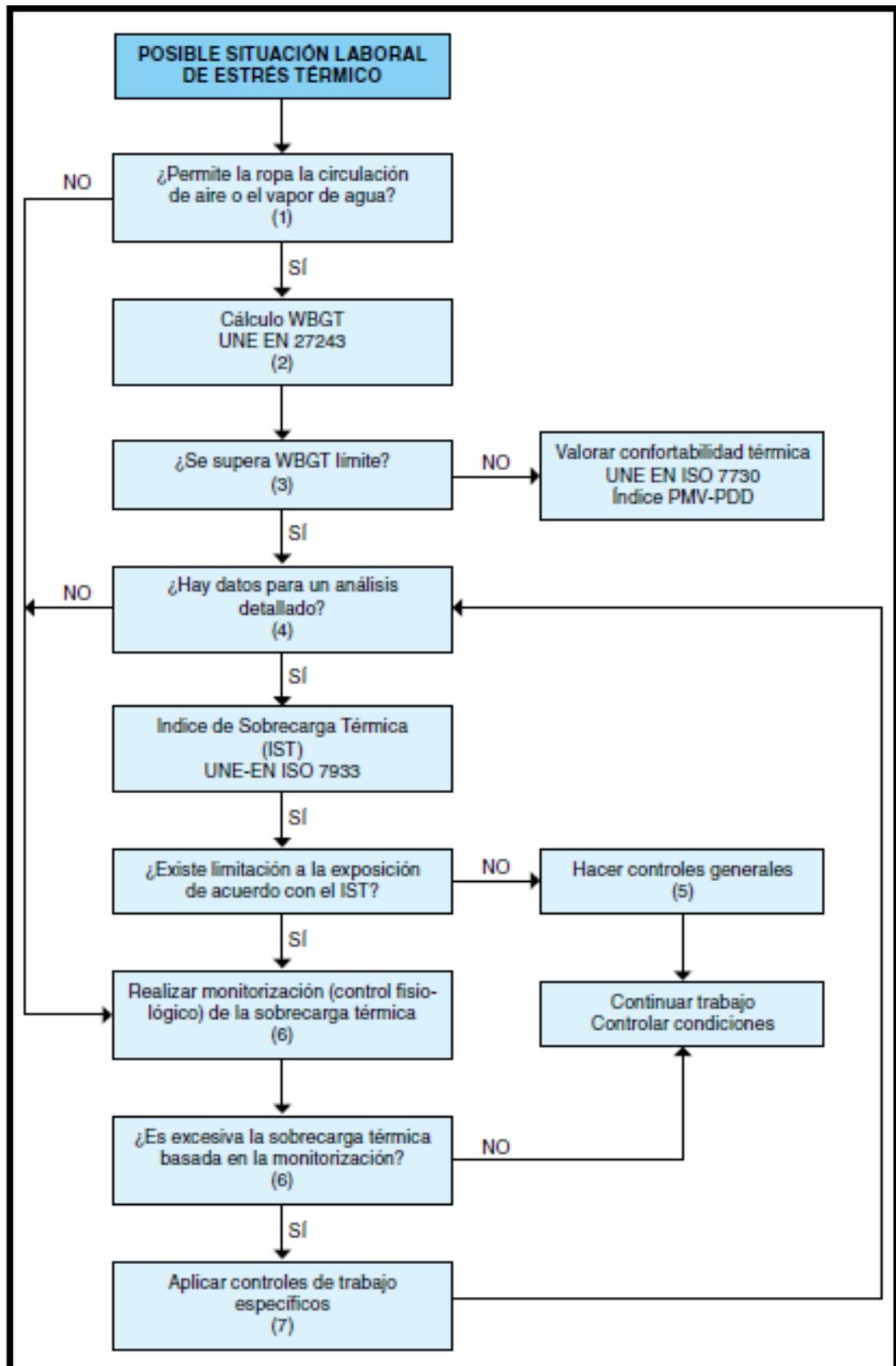
Si la exposición excede los límites para los trabajadores aclimatados en el análisis detallado, la rama "SÍ" lleva a un monitoreo fisiológico como la única alternativa para demostrar que se proporciona la protección adecuada [**TLV's and BEI's:2018**].

## **(5) CONTROLES GENERALES**

De acuerdo con el diagrama de flujo de actuación propuesto (**ver figura 2.3**). En el caso de que no se superen los límites establecidos por el Método del Índice de Sobrecarga Térmica (IST) pero si se vulneran para el índice TGBH o cuando se trabaje con ropa que limite de alguna forma la pérdida de calor, se deben realizar controles generales que pueden incluir las siguientes acciones [**NTP 922. 2011**]:

- Ofrecer información y formación a los trabajadores sobre el estrés térmico y la sobrecarga térmica, así como instrucciones y procedimientos de trabajo precisos y programas de entrenamiento frecuentes.
- Fomentar en los trabajadores expuestos la ingesta de pequeñas cantidades de agua fresca o bebida isotónica (aproximadamente un vaso) cada 20 minutos.
- Permitir la autolimitación de las exposiciones y fomentar la observación, con la participación de los trabajadores, con el fin de detectar los primeros síntomas de sobrecarga térmica en los demás.
- Controlar especialmente y en su caso limitar la exposición de aquéllos trabajadores que tomen medicación que pueda afectar al funcionamiento del sistema cardiovascular, a la presión sanguínea, a la regulación térmica, a la función renal o a la sudoración; así como la ingesta de alcohol.
- Fomentar el mantenimiento físico de los trabajadores, peso corporal controlado, alimentación etc. Controlar especialmente a aquéllos trabajadores que han permanecido durante un largo periodo sin exposición al calor y que han modificado sus parámetros de aclimatación.
- Considerar dentro de la vigilancia de la salud, la realización de pruebas médicas específicas con el fin de detectar precozmente la sensibilidad por exposición al calor.

Figura 2.3. Esquema de actuación para la evaluación de los riesgos por calor.



(Fuente: NTP 922: Estrés térmico y sobrecarga térmica. Evaluación de los riesgos (I). Figura 1.)

**Tabla 2.18. Elementos a considerar al establecer un programa de manejo del estrés por calor.**

Monitoree el estrés por calor (por ejemplo, los Criterios de detección de TGBH en la **Tabla 2.16 Y 2.17**) y la tensión por calor para confirmar un control adecuado.

CONTROLES GENERALES	CONTROLES ESPECIFICOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcione instrucciones verbales y escritas precisas, programas anuales de capacitación y otra información sobre el estrés por calor y la tensión.</li> <li>• Anime a beber pequeños volúmenes (aproximadamente 1 taza) de agua fría y sabrosa (u otra bebida de reemplazo de líquidos aceptable) aproximadamente cada 20 minutos.</li> <li>• Aliente a los empleados a informar los síntomas de los trastornos relacionados con el calor a un supervisor.</li> <li>• Fomentar la autolimitación de exposiciones cuando un supervisor no está presente.</li> <li>• Fomentar la observación de compañeros de trabajo para detectar signos y síntomas de tensión por calor en otros.</li> <li>• Aconseje y controle a quienes toman medicamentos que pueden comprometer las funciones cardiovasculares, de presión arterial, de regulación de la temperatura corporal, renales o de las glándulas sudoríparas normales; y aquellos que abusan o se están recuperando del abuso de alcohol u otras sustancias tóxicas.</li> <li>• Fomentar estilos de vida saludables, peso corporal ideal y equilibrio electrolítico.</li> <li>• Ajuste las expectativas de aquellos que regresan al trabajo después de la ausencia de situaciones de exposición al calor y aliente el consumo de alimentos salados (con la aprobación del médico si sigue una dieta restringida en sal).</li> <li>• Considere la evaluación médica previa a la colocación para identificar a aquellos susceptibles a lesiones por calor sistémico.</li> <li>• Controle las condiciones de estrés por calor y los informes de trastornos relacionados con el calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considere los controles de ingeniería que reducen la tasa metabólica, proporcionan un movimiento general del aire, reducen el calor del proceso y la liberación de vapor de agua, y protegen las fuentes de calor radiante, entre otros.</li> <li>• Considere los controles administrativos que establecen tiempos de exposición aceptables, permiten una recuperación suficiente y limitan la tensión fisiológica.</li> <li>• Considere la protección personal que se demuestra efectiva para las prácticas y condiciones de trabajo específicas en el lugar.</li> <li>- NUNCA ignore los signos o síntomas de trastornos relacionados con el calor. -</li> </ul>

**Fuente: TLV's and BEI's:2018.Tabla 5**

## **(6) MONITORIZACION FISIOLÓGICA DEL RIESGO DE SOBRECARGA (TENSIÓN) TÉRMICA**

El riesgo y la gravedad de la tensión por calor excesivo variarán ampliamente entre las personas, incluso bajo condiciones idénticas de estrés por calor. Las respuestas fisiológicas normales al estrés por calor brindan la oportunidad de monitorear la tensión por calor entre los trabajadores y usar esta información para evaluar el nivel de tensión por calor presente en la fuerza laboral, controlar las exposiciones y evaluar la efectividad de los controles implementados [TLV's and BEI's:2018].

La monitorización de los signos y síntomas de los trastornos relacionados con el calor es una buena práctica de higiene industrial, especialmente cuando la ropa reduce significativamente la pérdida de calor. Los siguientes síntomas permiten identificar cuando existe sobrecarga térmica, en cuyo caso la exposición al calor debe ser interrumpida y permitir la recuperación en un lugar fresco con aire que circule rápidamente y mantenerlo bajo observación experta. En ausencia de consejo médico en contrario, trate esto como una emergencia con transporte inmediato a un hospital. Un plan de respuesta de emergencia es necesario [NTP 922. 2011]:

- Para personas con un sistema cardíaco normal, se debe interrumpir durante varios minutos la exposición cuando el pulso cardíaco (o frecuencia cardíaca) supera 180 pulsaciones por minuto, restada la edad en años del individuo (180-edad).
- La temperatura central del cuerpo es mayor a 38.5 ° C (101.3 ° F) para personal médicamente seleccionado y aclimatado; o superior a 38 ° C (100.4 ° F) en trabajadores no seleccionados, no aclimatados; o
- Si tras un gran esfuerzo, cuando el pulso de recuperación (1 minuto después del esfuerzo máximo) es mayor de 110 pulsaciones por minuto.
- Si existen síntomas como fuerte fatiga repentina, náuseas, vértigo, mareos o aturdimiento.
- Si un trabajador en exposición al calor aparece desorientado o confuso, o sufre una irritabilidad inexplicable, malestar general, síntomas gripales, se le debería retirar a una zona refrigerada con circulación rápida de aire y permanecer en observación por personal cualificado.
- Si la sudoración se interrumpe y la piel se vuelve caliente y seca, se le debe proporcionar atención médica inmediata, seguida de la hospitalización.

Un individuo puede tener un mayor riesgo de trastornos relacionados con el calor si:

- La sudoración profusa se mantiene durante horas; o
- La pérdida de peso durante un turno es mayor al 1.5% del peso corporal; o
- La excreción de sodio en orina de 24 horas es inferior a 50 mmoles.

Bajo ningún concepto deben desatenderse los signos o síntomas en los trabajadores que puedan relacionarse con posibles consecuencias de la sobrecarga térmica excesiva.

Los controles generales son necesarios aunque la sobrecarga térmica entre los trabajadores se considere aceptable en el tiempo. Además, debe continuarse con el control fisiológico periódico para asegurar que la exposición al calor se mantiene en niveles aceptables.

Si durante el seguimiento fisiológico se observa que los individuos alcanzan situaciones de sobrecarga térmica, entonces debe plantearse la implantación de controles de trabajo específicos (de ingeniería, administrativos y de protección personal) y un mayor control del riesgo.

Con niveles aceptables de tensión térmica, se toma la rama "NO" en la **Figura 2.3**. Sin embargo, si la tensión térmica entre los trabajadores se considera aceptable en ese momento, se recomienda considerar los controles generales. Además, se debe continuar el monitoreo fisiológico periódico para garantizar niveles de tensión térmica.

## **(7) CONTROLES DE TRABAJO ESPECIFICOS**

Para proporcionar la protección adecuada frente al estrés térmico, además de la implantación de los controles generales, frecuentemente se requieren controles de trabajo específicos. En todos los casos, el objetivo principal de la gestión del estrés térmico es prevenir el golpe de calor **[NTP 922. 2011]**.

Al respecto se ofrecen las siguientes propuestas:

- Incrementar la circulación general de aire, reducir los procesos que liberan calor y vapor de agua y apantallar las fuentes de calor radiante.
- La ventilación natural (corrientes naturales de aire) es un medio lento pero eficaz para incrementar la transferencia de calor desde la piel al exterior. El aumento de la velocidad del aire incrementa la pérdida de calor, aunque se trate de aire del local, al facilitar la evaporación del sudor.
- El calor radiante se puede reducir mediante la interposición de barreras materiales que reduzcan la radiación térmica. Si no es posible aislar las fuentes de calor mediante pantallas y la radiación térmica es muy intensa se utilizará ropa que proteja la piel. Por el contrario al cubrir la piel también se reduce la refrigeración de la piel por convección o evaporación del sudor.
- La mayor dificultad se suele dar si la temperatura del aire es superior a la temperatura de la piel (35-36°C). En esa situación el cuerpo está ganando calor y la evaporación del agua en la superficie de la piel es la única vía de pérdida de calor. En estos casos juega un papel crucial la permeabilidad de los tejidos y la capacidad de circulación de aire a través de la ropa. A pesar de que la refrigeración del lugar de trabajo se considere una medida poco viable, existen casos localizados en los que puede resultar muy efectivo, por lo que es interesante estudiar cada caso.
- La aplicación de medidas administrativas que permitan establecer tiempos de exposición aceptables para los trabajadores, tiempos de recuperación suficientes y limitación de la carga física (tasa metabólica). Estas medidas constituyen una vía de limitación de la exposición y de gestión del riesgo a través de la implantación de procedimientos de trabajo y gestión del personal.

Cuando existe riesgo de estrés térmico, luego de la evaluación, se puede establecer un régimen de trabajo-descanso de forma que el organismo pueda restablecer el balance térmico y liberar el calor en exceso. Se puede hallar en este caso la fracción de tiempo necesaria para que, en conjunto, la actividad sea segura **[DS\_24\_2016\_EM. Guía 2]**.

La fórmula para hallar esta fracción es la siguiente:

$$Ft = \frac{(A-B)}{(C-D)+(A-B)} \times 60 \text{ (minutos/hora)... (I)}$$

Siendo:

Ft = Fracción de tiempo de trabajo respecto al total (indica los minutos a trabajar por cada hora).

A = TGBH límite en el descanso (M<100 Kcal/h).

B = TGBH en la zona de descanso.

C = TGBH en la zona de trabajo.  
D = TGBH límite en el trabajo.

Si se trata de una persona aclimatada al calor, que permanece en el lugar de trabajo durante la pausa, la expresión (I) se simplifica:

$$F_t = \frac{32.5-B}{32.5-D} \times 60 \text{ (minutos/hora)... (II)}$$

Cuando  $B \geq A$ , las ecuaciones (I) y (II) no son aplicables.

Esta situación corresponde a un índice TGBH tan alto, que ni siquiera con un índice de actividad relativo al descanso (<100 kcal 1 hora) ofrece seguridad. Debe adecuarse un lugar más fresco para el descanso, de forma que se cumpla  $B < A$ .

- En última instancia, **cuando los controles de ingeniería o administrativos son impracticables, la posibilidad de utilizar mecanismos de refrigeración personal**, conjuntamente con ropa de protección, puede llegar a ser una alternativa. Existen chalecos refrigerados o trajes con mecanismos de refrigeración incorporados que impiden el incremento de la temperatura del cuerpo.

Tras la implantación de los controles de trabajo específicos es necesario evaluar su eficacia y realizar un ajuste en caso que fuera necesario. En estos casos el diagrama de la **Figura 2.3** vuelve a la etapa del análisis detallado y, si no se dispone de mayor información que asegure la protección se deberá continuar con el control o monitorización fisiológica.

Un programa de prevención de enfermedades relacionadas al calor efectivo debe incluir un programa de aclimatación de los trabajadores, programa de alerta de calor, y el programa de vigilancia médica. También debe establecer un programa de entrenamiento efectivo que incluye cómo reconocer los síntomas de enfermedad relacionada con el calor y qué hacer cuando hay una emergencia de enfermedades relacionadas con el calor. **[OSHA 2017, Cap.4]** reconoce que no siempre puede ser factible implementar todos los elementos en todos los lugares de trabajo; Sin embargo, implementar tantos elementos como sea posible hará que el programa sea lo más eficaz posible.

La siguiente lista describe brevemente varios elementos críticos de un programa de prevención de enfermedades relacionadas con el calor **[OSHA 2017, Cap.4]**.

#### A. Programa de aclimatación

Para reducir el impacto que el estrés por calor tendrá en la temperatura corporal, los empleadores deben utilizar un programa estructurado para ayudar a los trabajadores a adaptarse a trabajar en el calor. Un programa de aclimatación al calor efectiva aumenta el tiempo de cada día, más de un 7 a 14 días del periodo de que un trabajador no-climatizada está expuesto al estrés por calor, mientras que el trabajador lleva a cabo actividades normales de trabajo. Además, los trabajadores aclimatados que no están expuestos al estrés por calor durante una semana o más pueden necesitar algún tiempo para re-aclimatación - típicamente dos o tres días.

**B. Programa de monitoreo médico**

Programas de prevención de enfermedades relacionadas con el calor de manera más robustos establecen un programa de vigilancia médica para considerar las necesidades individuales de los trabajadores para asegurar que su temperatura corporal central no llegue a niveles peligrosos y para la identificación precoz de los signos que están experimentando las enfermedades relacionadas con el calor. Este programa debe incluir pre-colocación y evaluaciones médicas periódicas, así como un plan para el seguimiento de la salud del trabajador (por ejemplo, la temperatura del núcleo, la hidratación, el pulso, y/o la presión arterial) en el trabajo.

**C. Programa de entrenamiento**

La capacitación específica en prevención de enfermedades relacionadas con el calor es importante para garantizar que los supervisores y los trabajadores estén preparados para trabajar de manera segura en ambientes cálidos. La capacitación debe incluir información sobre el reconocimiento de los síntomas de enfermedad relacionada con el calor; hidratación adecuada (por ejemplo, beber 1 taza [8 onzas] de agua u otros líquidos cada 15 - 20 minutos); Cuidado y uso de ropa y equipo de protección contra el calor; otros factores que afectan la tolerancia al calor (por ejemplo, medicamentos, alcohol, la obesidad, etc.); y la forma de aclimatarse, reportan síntomas, trabajan en parejas y cómo dar los primeros auxilios apropiados. Además, los supervisores también deben recibir la capacitación adecuada sobre cómo monitorear los informes meteorológicos y avisos meteorológicos, así como el uso de temperaturas ajustadas (por ejemplo, TGBH y el índice de calor) para tomar decisiones sobre las medidas de protección.

Un programa de entrenamiento efectivo incluye el apoyo de un profesional de la seguridad y la salud con experiencia y/o formación en el estrés por calor y la enfermedad. La concientización y capacitación de los supervisores de primera línea es fundamental para garantizar que un programa de prevención de enfermedades relacionadas con el calor se implemente efectivamente.

**D. Programa de alerta de calor.**

Programas de alerta de calor eficaces se desarrollan e implementan cada vez que es probable que se produzca una ola de calor. El Servicio Meteorológico Nacional define una ola de calor como un período de manera anormal y muy calurosa e inusualmente clima húmedo por lo general dura dos o más días. Más específicamente para lugares de trabajo, una ola de calor se describe por NIOSH como cuando la temperatura máxima diaria excede 35 ° C (95 ° F) o cuando la temperatura máxima diaria sea superior a 32 ° C (90 ° F) y es 5 ° C (9 ° F) o más por encima de la máxima alcanzada en los días precedentes.

Los detalles sobre las acciones a tomar durante las olas de calor se proporcionan en las NIOSH Criterios para una norma recomendada: Exposición al calor y calientes entornos Sección 6.2.6 Programa de Alerta de calor.

### CAPITULO III. PROCESO OPERACIONAL DE LA EMPRESA

#### 3.1. Datos generales de la Empresa de Limpieza de Fachada:

Empresa:	Astros Perú Service SAC
Representante:	Melecio Cordova Gracia
RUC:	20552037252
Ubicación:	Etapa 4 Piso 1 Mza. Z Lote 2 Urb. Pachacamac Barrio
Distrito:	Villa El Salvador
Provincia:	Lima
Departamento:	Lima
Giro:	Limpieza De Exteriores De Edificios, trabajos en altura, pintura u otros.

#### 3.2. Descripción de los trabajos de Limpieza de fachadas en edificios empresariales utilizando la técnica de acceso por cuerdas:

##### a) Acciones previas a los trabajos diarios

- Todos los trabajadores han pasado un Examen Médico Pre-Ocupacional específico para Trabajos en Altura. Resultando ser APTOS.
- Todos los trabajadores han sido capacitados y certificados en Trabajos en Altura.
- Llenar los siguientes registros (Cada jornada de trabajo):
  - a. Registro de Permiso de trabajo de Alto Riesgo (Altura).
  - b. Registro de Análisis Seguro de Trabajo (AST).
  - c. Registro de Charla Pre-operacional.
  - d. Check List de Epp's y Arnés de cuerpo entero con cabo de Vida.
  - e. Check List de Mosquetones, ID's, ASAP Asiento Podium y cuerdas.
- Antes de empezar las actividades en altura se debe realizar 15 minutos de una charla de seguridad y programar la secuencia de actividades del día.
- Coordinar/Programar con anticipación el permiso para delimitar el área de trabajo, usando conos, mallas y letreros informativos. Restringiendo así el tránsito de vehículos y personas. Adicionalmente se colocarán plásticos para cubrir las áreas y evitar manchar.
- Verificar las condiciones climáticas y otras condiciones ambientales que puedan representar un peligro en el trabajo (por ejemplo: viento excesivo, lluvia intermitente, polvo, gases, iluminación deficiente, temperatura, etc.).
- Inspeccionar el área de trabajo y tomar fotos en caso de evidencie daños en el área.
- Determinar la cantidad de contrapesos necesario por trabajador. Ya que no hay normativa Peruana que lo detalla, se tomará como referencia la Normativa Española que si considera. NTP 977/2013.
- El Encargado del Grupo o el Prevencionista (PDR) en compañía del personal deben completar los registros mencionados líneas arriba. Éste registro deberá ser revisado y firmado por el Cliente al cual se brindará los servicios. Deberá ser expuesto en un lugar visible o entregado a los interesados cada vez que sea requerido.

## b) Equipos y Herramientas

### • EPP:

- Arnés de cuerpo entero; que incluye línea de vida simple/doble. El arnés de cuerpo entero debe cumplir con la norma ANSI Z359.1, Lo cual será verificado en las etiquetas.
- Cascos con correa en la barbilla (barbiquejos); cumpliendo ANSI Z89.1-2009 y deben tenerlos puestos todo el tiempo que dure el trabajo.
- Mascarilla para protección contra polvo (En trabajos de desempolvado).
- Lentes de seguridad. Debe cumplir con la norma ANSI Z87
- Guantes de nitrilo o de Latex.
- Zapatos de seguridad con punta de acero.

### • HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:

- Equipos certificados de Descenso ID´s.



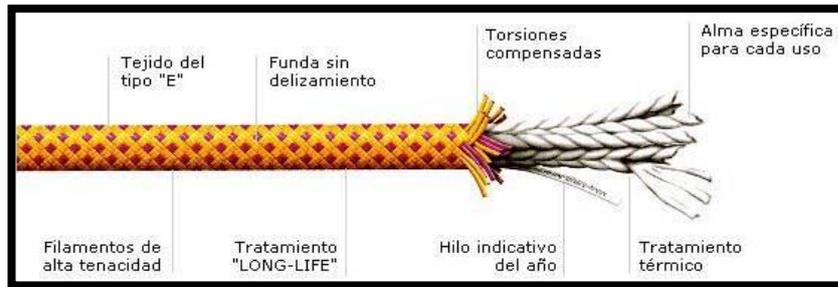
Figura 3.1. Equipo ID's para Ascenso o Descenso.

- Equipos certificados de anticaidas ASAP.



Figura 3.2. Equipo ASAP para freno con cuerda.

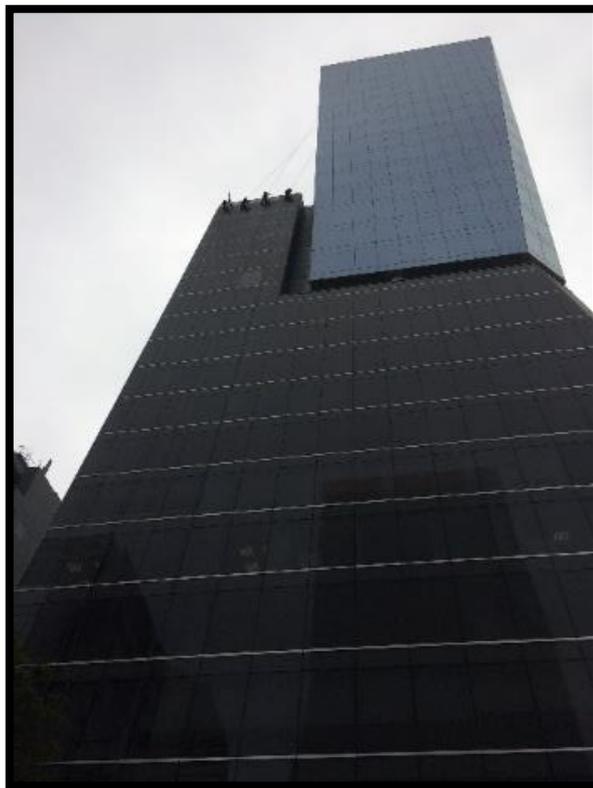
- Mosquetones certificados CE. Cumpliendo de norma EN 795.
- Cabo de vida con absorbedor de energía.
- Cuerdas certificadas de 10 mm a 11.5 mm. Cumpliendo la Norma EN 353-2.



**Figura 3.3. Características de las cuerdas semi-estáticas.**

**c) Etapas de la Limpieza de cristales en la fachada**

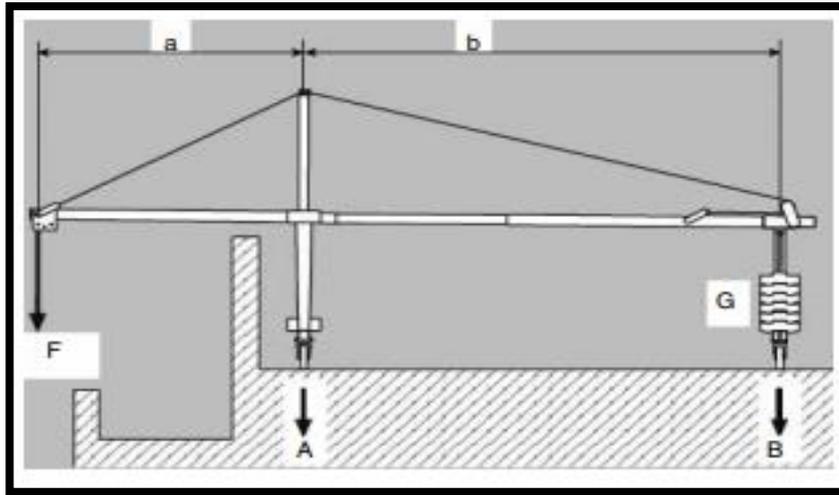
- Acarreo de Materiales. Todas las cuerdas, equipos y materiales a ser utilizados serán trasladados por el ascensor desde el primer piso (o sotano) hasta la Azotea o área de trabajo solicitado por el cliente. En caso el peso de los mismos exceda los 25 Kg para cada persona se deberá trasladar entre dos personas para así controlar sobreesfuerzos y posturas forzadas. El personal (masculino) entrenado podrá trasladar un peso máximo de 40kg. (Fuente: Límites establecidos por la norma RM\_375\_2008\_TR).
- Inspeccionar los vidrios de las fachadas que se limpiaran.



**Figura 3.4. Limpieza de fachadas (I).**

- Se accede al techo para instalar el sistema de anclajes.
- Se señalizará y delimitará el primer piso (zona de posible caída de herramientas, materiales y otros objetos).
- Se asegurará las cuerdas de descenso y rescate en el sistema de anclajes.

- Se usará cintas certificadas y conectores de anclaje para unir la cuerda (usando el nudo 8) directamente al sistema de anclajes. Así mismo se colocará en cada amarre un letrero informativo - preventivo para no soltar los nudos.



**Figura 3.5. Pescante anclado mediante contrapesos. Cotas para cálculo.**

Para el cálculo de la estabilidad de los pescantes se parte (Ver Figura3.5) de los puntos A y B (Apoyo delantero y trasero del pescante) que soportan las siguientes cargas:

$$\begin{aligned} A &= (F.K) + P \\ B &= G + P \end{aligned}$$

Por otro lado el contrapeso G tiene el siguiente valor:

$$G = (F.a.K) / b$$

Siendo:

- A: Punto de apoyo anterior.
- B: Punto de apoyo posterior.
- F: Capacidad nominal del aparato o carga máxima por pescante.
- K: Coeficiente de seguridad de vuelco  $\geq 3$ .
- P: Peso del pescante.
- a: Voladizo.
- b: Distancia entre A y B.

El peso del pescante queda repartido proporcionalmente entre a y b.

En nuestro caso de estudio en el “Edificio Orquídeas” la variable “a” y “b” son **distancia proporcionales de 1 a 2 respectivamente**, el coeficiente de seguridad que se usará será de “3”. Así mismo, considerando que la Fuerza “F” es la persona con sus Epp’s y herramientas (Carga Estática) y tiene un valor de “100 Kg” la ecuación de los contrapesos quedaría:

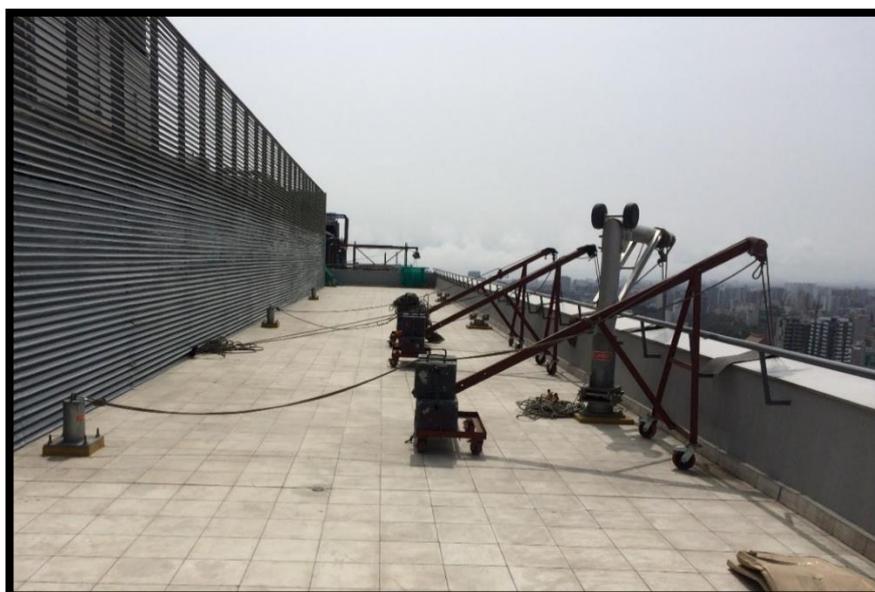
$$G = 100.(3)/2 = 150 \text{ Kg.}$$

Por ende se usará un sistema asegurado de 5 contrapesos de 30 Kg. Ver **Figura 3.6.**



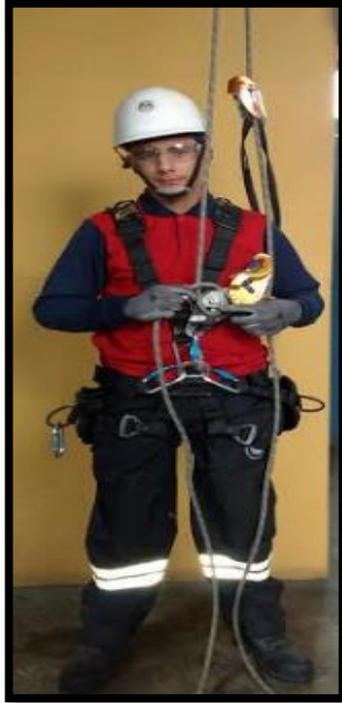
**Figura 3.6. Sistema de Anclaje con contrapesos.**

- La cuerda de descenso se asegura al sistema de anclaje instalado y la cuerda de rescate de cada operador se asegura en los anclajes certificados instalados a las estructuras metálicas internas en el techo del edificio.



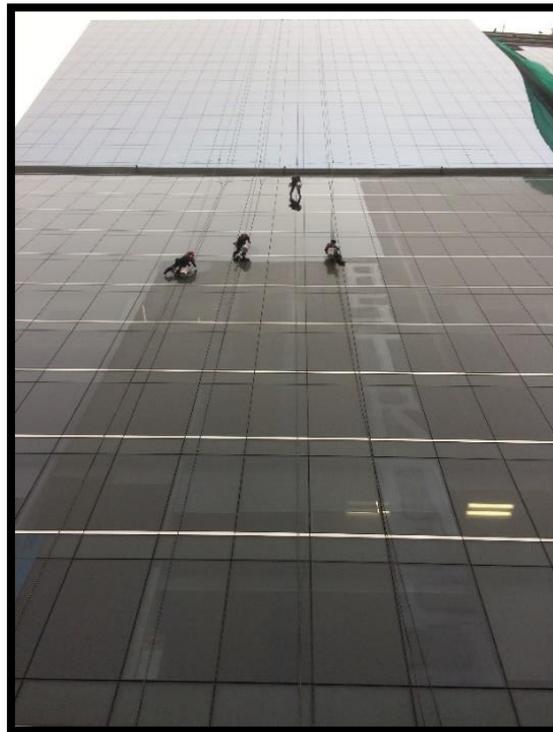
**Figura 3.7. Anclajes del Edificio y Anclajes con contrapesos.**

- Se protegerá los filos o bordes frágiles de la azotea y las cuerdas para evitar daños al edificio y las cuerdas. En esta actividad el Riesgo de caída a distinto nivel es Alto si no se toma los controles necesarios de prevención.
- Cada trabajador debe cumplir obligatoriamente "Los pasos previos a los trabajos" que se mencionan líneas arriba.
- Luego el trabajador procederá a colocarse y ajustarse a la medida de su cuerpo el arnés de cuerpo entero, el equipo sillero, línea de vida y sus equipos ID's y ASAP.



**Figura 3.8. Técnico de Acceso por Cuerdas.**

- Una vez verificado las condiciones favorables y las buenas prácticas de trabajo el encargado del grupo y el Prevencionista de Riesgos dará inicio a los trabajos.
- Todas las herramientas y materiales de limpieza estarán dentro del balde y asegurados al cuerpo del operario.
- Se procederá a la limpieza de cristales.



**Figura 3.9. Limpieza de Fachadas (II).**

**El Método de Limpieza de vidrio implica los siguientes pasos (Ver Figura 3.9):**

- a) Preparar el líquido para la limpieza de cristales, mezcla de agua con producto de limpieza de vidrios.
- b) Cada operario deberá tener su propio balde con la mezcla líquida para la limpieza.
- c) Se mojará el monsson para luego usarlo para mojar el vidrio.



**Figura 3.10. Herramienta de limpieza Monsson.**

- d) Una vez mojado el vidrio se pasará por encima la plumilla para jalar toda el agua del vidrio.



**Figura 3.11. Herramienta de limpieza Plumilla.**

- e) En caso se identifique partículas de cemento y/o pintura se retirará usando una hoja de navaja.

- Finalizado los trabajos de verificación y sellado se procederá a dejar el área ordenada y sin restos de franela o esponja, tal como se encontró.
- Además de tomar las medidas preventivas se buscará la mejor calidad.

**3.3. Medidas de control existentes**

Revisar Anexo II.

## **CAPITULO IV. MARCO NORMATIVO**

### **4.1. NORMAS NACIONALES**

- R.M. N°375-2008-TR. Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico. Art. 22, 26, 27 y 28.
- Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Principio de protección IX, Art. 50 y 56.
- D.S. N° 005-2012-TR Reglamento de la Ley N°29783. Art. 33, inciso c.
- Ley 30102: Ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar.
- Ley N° 30222. Ley que modifica la ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Art. 26, 49, 76.
- D.S. N° 006-2014-TR. Modifica el Decreto Supremo N°005-2012-TR. Art. 1.
- D.S. 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Guía N°2: Medición de Estrés Térmico.
- D.S. N° 016-2016-TR. Art. 1.

### **4.2. NORMAS INTERNACIONALES**

- NTP 322-1994: Valoración del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT.
- NTP922-2011: Estrés térmico y sobrecarga térmica: Evaluación de los riesgos I.
- NTP 923-2011: Estrés térmico y sobrecarga térmica: Evaluación de los riesgos II.
- NTP 1011-2014: Determinación del metabolismo energético mediante tablas.
- ISO 8996:2004: Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica.
- ISO 7243-2017: Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperatura) index.
- ISO 7933: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain.
- Criteria for a Recommended Standard. Occupational Exposure to Heat and Hot Environments. NIOSH 2016.
- ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- TLV's and BEIs ACGIH. 2019. Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological exposure Indices.

## CAPITULO V. RECURSOS, EQUIPOS Y DESARROLLO

### 5.1. RECURSOS HUMANOS

Las evaluaciones fueron efectuadas por el propio tesista empleando los instrumentos en las áreas de análisis y siguiendo el protocolo de medición que se detallan en los puntos 5.2, 5.3 y 5.4.

### 5.2. EQUIPOS Y MATERIALES

Las evaluaciones se efectuaron con un Equipo de Estrés Térmico y un TermoAnemómetro de las siguientes características:

**Tabla 5.1. Equipos para el monitoreo.**

Equipo	Marca	Modelo	N° Serie
Equipo de Estrés Térmico	3M	QuestTemp°32	TPN 090052
Termoanemómetro	Laserliner	082.140A	MBEE 039695

### 5.3. ÁREA DE ANALISIS PARA LA INVESTIGACIÓN

Se recopiló datos en campo de cada trabajador que realiza actividades distintas pertenecientes al área de Operaciones (**Ver anexo 1**), así mismo se determinó las principales actividad de cada puesto de trabajo. Posterior a ello se realizó el monitoreo en uno de los meses del año donde la exposición solar es más intensa, para ello se escogió el mes de Febrero (Año 2019) en un horario de mayor exposición a la radiación solar que fue de 11:00 am – 15:00 pm.

Según la matriz IPERC de la empresa de limpieza de fachadas Astros Peru Service SAC, se tiene en el Área de Operaciones las siguientes actividades y puestos:

**Tabla 5.2. Descripción de Actividades según Puesto de Trabajo.**

ÁREA	ACTIVIDADES	PUESTO DE TRABAJO
Operaciones	Descargar / Inspeccionar / Trasladar Materiales, Equipos y Herramientas.	Almacenero.
	Instalar el sistema de anclaje con/sin contrapesos y asegurar las cuerdas.	Instalador de Anclaje.
	Limpiar la fachada del edificio.	Limpiador de Fachadas.

## Descripción de los Puestos de Trabajo

A continuación se detalle las actividades realizadas por cada puesto de trabajo:

### ➤ **Almacenero**

1. Descargar en el sótano los equipos silleros, equipos de descenso y ascenso por cuerdas, arneses, contrapesos de 30 Kilos, cuerdas, estructuras metálicas del sistema de puntos de anclaje, baldes, herramientas de limpieza, conos de señalización entre otros equipos, herramientas o materiales de trabajo adicionales.
2. Inspeccionar y Contabilizar los equipos, materiales y herramientas realizando el llenado de un Check List.
3. Trasladar por el ascensor todos los equipos, materiales y herramientas desde el sótano hasta la azotea del edificio.

Es importante mencionar que todos los trabajos son realizados a nivel del suelo y trasladados mediante coches o cargando manualmente.

### ➤ **Instalador de Anclaje**

1. Montaje de las partes y estructuras del sistema de puntos de Anclaje.

El sistema de puntos de anclaje (Para las cuerdas de descenso y/o cuerdas de rescate) consiste en 5 pesas de 30 Kg. aseguradas con cables de acero sobre un coche de estructura metálica rectangular con 4 ruedas, unidas a una estructura de viga de acero soportada por un caballete de acero en caso las condiciones del lugar de descenso lo ameriten.

2. Aseguramiento de las cuerdas de Descenso y de Rescate al sistema de puntos de anclaje instaladas previamente.

### ➤ **Limpiador de Fachadas**

1. Señalización del área a trabajar tanto a nivel superior como en la proyección de caída de objetos a los niveles inferiores.
2. Instalación de sus herramientas, materiales (Baldes con agua, jaladores, secadores) y equipos personales de para descender (Arnés, Silla Ergonomica e instalación de ID's (En cuerda de descenso) y ASAP (En cuerda de rescate).
3. Descenso por la cuerda y comenzar la limpieza de vidrios en la fachada.

En la limpieza de vidrios los técnicos utilizan las dos manos para mojar, sobar, jalar y secar la fachada y los pies para impulsar sus movimientos.

## 5.4. PROTOCOLO DE MEDICIÓN

Teniendo como referencia lo desarrollado en los puntos **2.4. Consumo o Tasa Metabólica (M)** y **2.5. Evaluación de los riesgos debido al calor** mencionado en la presente Tesis. Los cuales toman los protocolos de medición tanto de normas nacionales como internacionales detallados en el **punto 4.1 y 4.2** se tiene lo siguiente:

- 5.4.1. Determinar el factor de ajuste de la ropa. Identificando la ropa de trabajo que utilizan los trabajadores de Astros Peru Service SAC y comparándolo con la **tabla 2.2. Factores de ajuste de ropa**. El factor de ajuste de ropa determinado para un trabajador será el mismo para los demás trabajadores ya que usan el mismo uniforme. Así mismo este valor se sumará al TGBH para obtener un TGBH efectivo.

**Tabla 2.2 Factores de ajuste de ropa para tipos de ropa**

Conjunto	Comentario	CAV [° C-WBGT]
Ropa de trabajo.	La ropa de trabajo hecha de una tela tejida es el conjunto de referencia.	0
Overoles de tela.	Tejido que incluye algodón tratado.	0
Overoles SMS no tejidos como una sola capa.	Un proceso no patentado para hacer telas no tejidas de polipropileno.	0
Overol de poliolefina no tejido como una sola capa	Una tela patentada hecha de polietileno.	2
Delantal de barrera de vapor con mangas largas y largo sobre overoles de tela	La configuración envolvente del delantal fue diseñada para proteger el frente y los lados del cuerpo contra derrames de agentes químicos.	4
Doble capa de ropa tejida	Generalmente se toma como overoles sobre ropa de trabajo.	3
Overoles con barrera de vapor como una sola capa, sin capucha	El efecto real depende del nivel de humedad y en muchos casos el efecto es menor.	10
Overoles de barrera de vapor con capucha como una sola capa	El efecto real depende del nivel de humedad y en muchos casos el efecto es menor.	11
Barrera de vapor sobre overoles de tela, sin capucha	-	12
Capucha*	Usar una capucha de cualquier tela con cualquier conjunto de ropa.	+1

- 5.4.2. Determinar el Índice TGBH (i) correspondiente a las áreas de trabajo internas y sin carga solar (Desde el sótano hasta la azotea del edificio) y el Índice TGBH (e) correspondiente a las áreas de trabajo externas y con carga solar (Azotea y Fachada externa del edificio).

Se considerará temperatura constante tanto en la Azotea (con carga solar) y la parte superior e inferior de la fachada externa del edificio.

**Tabla N°2.14. En el interior de edificaciones o en el exterior sin radiación solar**

Trabajo sin carga solar o bajo techo
$TGBH(i) = 0.7 TBH + 0.3 TG$

**Tabla N°2.15. En exteriores o con radiación solar**

Trabajo con carga solar o al aire libre
$TGBH(e) = 0.7 TBH + 0.2 TG + 0.1 TBS$

**Dónde:**

- TGBH: Temperatura de globo y bulbo húmedo.
- TBH: Temperatura de bulbo húmedo.
- TG: Temperatura de globo.
- TBS: Temperatura de bulbo seco.

- 5.4.3. Determinar el Metabolismo generado por cada puesto de trabajo. Para ello se considerará las actividades descritas para cada puesto de trabajo (**Ver Tabla 5.2**) y en base a los valores de la **Tabla 2.11 y 2.12** se obtendrá en que categoría de intensidad de trabajo (**Ver Tabla 2.9**) se encuentra cada Puesto de trabajo.

**Tabla 2.11. Suplemento para la tasa Metabólica debido a las posturas del cuerpo**

Posición y Movimiento del Cuerpo	
	Kcal/min
Sentado	0.3
De pie	0.6
Andando	2.0 – 3.0
Subida de una pendiente andando	Añadir 0.8 por m de subida

**Fuente: D.S. 024\_2016\_EM. Guía N°2**

**Tabla 2.12. Tasa Metabólica para la carga de trabajo según la parte del cuerpo implicada**

Tipo de Trabajo			
Parte del cuerpo	Intensidad	Media Kcal/min	Rango Kcal/min
Trabajo Manual	Ligero	0.4	0.2 – 1.2
	Pesado	0.9	
Trabajo con un Brazo	Ligero	1	0.7 – 2.5
	Pesado	1.8	
Trabajo con dos Brazos	Ligero	1.5	1.0 – 3.5
	Pesado	2.5	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3.5	2.5 - 15.0
	Moderado	5	
	Pesado	7	
	Muy Pesado	9	

Gasto Metabólico Basal
1 Kcal/min

**Fuente: D.S. 024\_2016\_EM. Guía N°2**

Los datos indicados son considerados para un trabajador de 70 Kg de peso. Es posible corregir esos valores para pesos diferentes a 70 Kg usando un factor de corrección:

Factor de Corrección por Peso
Factor = Peso / 70 Kg

Ya determinado el consumo metabólico acumulado que se tiene en cada puesto de trabajo, se comparará con la **Tabla N°2.9** para determinar la intensidad del trabajo.

**Tabla N°2.9. Clasificación de la Tasa Metabólica por categoría**

Gasto Metabólico (Kcal / hora)	Categoría de Intensidad del Trabajo	Ejemplo de Actividad
<100	Descanso	Sentado
100 – 200	Ligero	Sentado con trabajo ligero con las manos o con las manos y brazos, etc.
200 – 300	Moderado	Trabajo constante moderado con las manos y brazos, etc.
300 – 400	Pesado	Trabajo intenso con manos y tronco, excavación manual, caminando rápidamente, etc.
>400	Muy pesado	Actividad muy intensa.

**Fuente: D.S. 024\_2016\_EM. Guía N°2**

### Variación de las condiciones de trabajo con el tiempo

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En estos casos se debe hallar el índice TGBH o el gasto metabólico, ponderados en el tiempo, aplicando las expresiones siguientes:

Índice TGBH	Gasto Metabólico
$TGBH = \frac{\sum_{l=1}^n TGBH_l x t_l}{\sum_{l=1}^n t_l}$	$M = \frac{\sum_{l=1}^n M_l x t_l}{\sum_{l=1}^n t_l}$

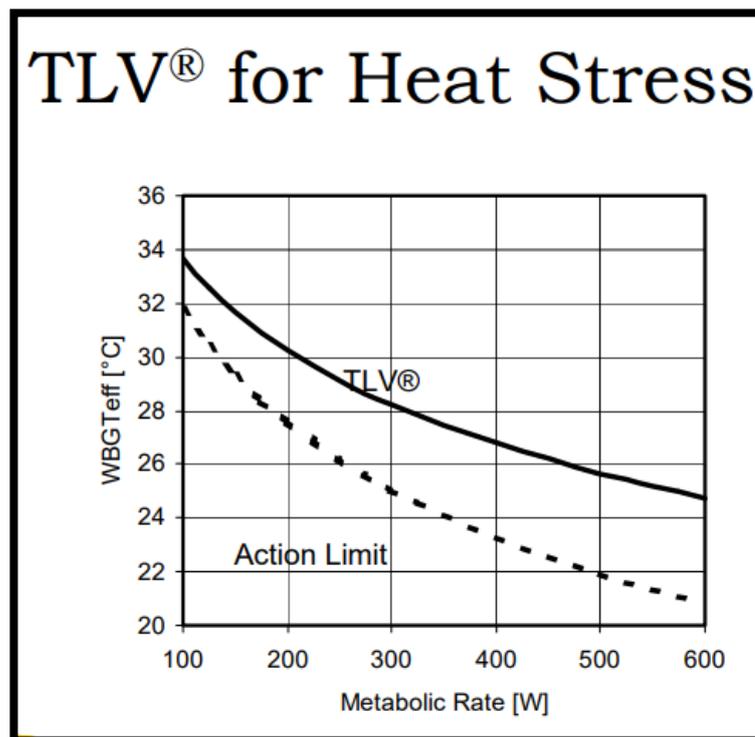
Esta forma de ponderar sólo puede utilizarse bajo la condición de que:

$$\sum_{l=1}^n t_l \leq 60$$

Esto se debe a que las compensaciones de unas situaciones térmicas con otras no ofrecen seguridad en periodos largos.

- 5.4.4. Determinado el Índice TGBH efectivo y Gasto Metabólico al cual están expuestos cada puesto de trabajo, se verificará si exceden los Límites de Acción o Valores Límite Umbral (TLV) de la **Figura 2.2. Valor Límite Umbral vs Límite de Acción** y también con las **Tablas 2.16 Valor Límite Umbral** y **Tablas 2.17 Límite de Acción**.

**Figura 2.2. Valor Límite Umbral vs Límite de Acción.**



Fuente: ACGIH "2018 TLV's and BEI's" Figure 2

**Tabla N°2.16. Valor Límite Umbral (TLV)**

% de trabajo	Valor Límite Umbral (Persona Aclimatada) TGBH en °C			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy Pesado
75% a 100 %	31	28	---	---
50% a 75%	31	29	27.5	---
25% a 50%	32	30	29	28
0% a 25%	32.5	31.5	30.5	30

Fuente: ACGIH “2018 TLV’s and BEI’s” Tabla 2

**Tabla N°2.17. Límite de Acción**

% de trabajo	Límite de Acción (Pesona no Aclimatada) TGBH en °C			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
75% a 100 %	28	25	---	---
50% a 75%	28.5	26	24	---
25% a 50%	29.5	27	25.5	24.5
0% a 25%	30	29	28	27

Fuente: ACGIH “2018 TLV’s and BEI’s” Tabla 2

El nivel de riesgo de Estrés Térmico por calor se determinará de acuerdo a los criterios establecidos en la siguiente:

Criterio de Evaluación	Nivel de Riesgo
Menor que el Nivel de Acción	BAJO
Entre el Nivel de Acción y el TLV	MEDIO
Mayor al TLV	ALTO

## CAPITULO VI. RESULTADOS

## 6.1. ESTIMACIÓN DE GASTOS METABÓLICOS E INDICE TGBH

Tabla N°6.1. Estimación de Gasto Metabólico y TGBH / ALMACENERO

DATOS GENERALES					
<b>Nombre:</b>	Ever Cordova Garcia	<b>Sexo:</b>	Masculino		
<b>Edad:</b>	24 años	<b>Área:</b>	Almacén		
<b>Peso:</b>	78 Kg	<b>Lugar:</b>	Sótano / Azotea		
<b>Talla:</b>	1.75 m	<b>Puesto:</b>	Almacenero		
N°	ACTIVIDAD 1: DESCARGAR (Sótano).	TIEMPO O (seg)	% TIEMPO	A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO. (Kcal/min)	B. TIPO DE TRABAJO. (Kcal/min)
1	Subir a la camioneta para iniciar la descarga.	5	3.125	2.8	3.5
2	Caminar hasta la carga (Equipos, Materiales o Herramientas).	30	18.75	2	0
3	Levantar la carga y trasladarlo al borde de la camioneta.	60	37.5	3	4.5
4	Bajar de la camioneta	5	3.125	2	3.5
5	Descargar al piso la carga dejada en el borde de la camioneta.	60	37.5	2.5	4.5
	TOTAL :	160	100		
C. GASTO METABÓLICO O BASAL (Kcal/min)				1.21	
Gasto Metabólico total (Kcal/min):				7.39125	
Gasto Metabólico total (Kcal/hr):				443.475	
Factor de Corrección: (Peso/70Kg):				1.114	
Gasto Metabólico Corregido (Kcal/hr):				494	
CATEGORIZACIÓN DEL TRABAJO			INDICE TGBH		
Relación de porcentaje Trabajo-Descanso	25% a 50%	Tipo de Ropa:	Pantalón sintético con algodón, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.		
Intensidad del Trabajo	MUY PESADO	Corrección:	+0 °C		
		TGBH: (Registrado)	22.7 °C		
<b>TGBH FINAL:</b>				<b>22.7 °C</b>	
<b>Aclimatación del trabajador:</b>				<b>SI</b>	

N°	ACTIVIDAD 2: INSPECCIONAR(Sótano).	TIEMPO (seg.)	% TIEMPO	A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO. (Kcal/min)	B. TIPO DE TRABAJO. (Kcal/min)
1	Verificar que la carga esté registrada en la guía de ingreso de Equipos, Materiales o Herramientas de la empresa.	60	25	0.6	0.4
2	Verificar el estado de conservación y funcionamiento de los Equipos, Materiales o Herramientas.	180	75	2	0.4
<b>TOTAL:</b>		240			
<b>C. GASTO METABÓLICO O BASAL (Kcal/min)</b>				1.21	
Gasto Metabólico total (Kcal/min):				3.26	
Gasto Metabólico total (Kcal/hr):				195.6	
Factor de Corrección: (Peso/70Kg):				1.114	
Gasto Metabólico Corregido (Kcal/hr):				217.89	
<b>CATEGORIZACIÓN DEL TRABAJO</b>			<b>INDICE TGBH</b>		
Relación de porcentaje Trabajo-Descanso	0% a 25%	Tipo de Ropa:	Pantalón sintético con algodón, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.		
Intensidad del Trabajo	MODERADO	Corrección:	+0 °C		
		TGBH: (Registrado)	22.7 °C		
<b>TGBH FINAL:</b>			<b>22.7 °C</b>		
<b>Aclimatación del trabajador:</b>			<b>SI</b>		

N°	ACTIVIDAD 3: TRASLADAR LA CARGA (Azotea).	TIEMPO (seg.)	% TIEMPO	A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO. (Kcal/min)	B. TIPO DE TRABAJO. (Kcal/min)
1	Levantar y ordenar la carga encima de las plataformas móviles.	20	6.25	3	5
2	Trasladar la carga hasta el ascensor del Edificio.	50	15.625	3	6
3	Esperar parado en el Ascensor.	50	15.625	0.6	0
4	Trasladar la carga hasta el área asignada.	60	18.75	2.5	5
5	Regresar Caminando al Ascensor.	50	15.625	2.5	0
6	Esperar parado en el Ascensor.	50	15.625	0.6	0
7	Caminar al lugar de la carga.	40	12.5	2.5	0
	TOTAL:	320	100		
C. GASTO METABÓLICO O BASAL (Kcal/min)			1.21		
Gasto Metabólico total (Kcal/min):			5.413		
Gasto Metabólico total (Kcal/hr):			324.78		
Factor de Corrección: (Peso/70Kg):			1.114		
Gasto Metabólico Corregido (Kcal/hr):			361.80		
CATEGORIZACIÓN DEL TRABAJO		INDICE TGBH			
Relación de porcentaje Trabajo-Descanso	25% a 50%	Tipo de Ropa:		Pantalón sintético con algodón, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.	
Intensidad del Trabajo	PESADO	Corrección:		+0 °C	
		TGBH: (Registrado)		24.9 °C	
<b>TGBH FINAL:</b>			<b>24.9 °C</b>		
<b>Aclimatación del trabajador:</b>			<b>SI</b>		

**Tabla N°6.2. Estimación de Gasto Metabólico y TGBH / INSTALADOR DE ANCLAJE**

<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>Nombre:</b>	Melecio Cordova Garcia	<b>Sexo:</b>	Masculino		
<b>Edad:</b>	35 años	<b>Área:</b>	Soporte técnico en Anclajes		
<b>Peso:</b>	70 Kg	<b>Lugar:</b>	Azotea		
<b>Talla:</b>	1.68 m	<b>Puesto:</b>	Instalador de Anclaje		
N°	ACTIVIDAD 1: HABILITAR LOS PUNTOS DE ANCLAJE CON CONTRAPESOS.	TIEMPO (seg.)	% TIEMPO	A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO. (Kcal/min)	B. TIPO DE TRABAJO. (Kcal/min)
1	Trasladar/Posicionar los equipos y herramientas al punto de instalación.	40	14.286	2.5	5
2	Asegurar y unir los contrapesos con el cable de acero y sus respetivos grilletes de acero.	240	85.714	0.5	4.5
	<b>TOTAL:</b>	280	100		
<b>C. GASTO METABÓLICO O BASAL (Kcal/min)</b>			1.16		
Gasto Metabólico total (Kcal/min):			6.52		
Gasto Metabólico total (Kcal/hr):			391.2		
Factor de Corrección: (Peso/70Kg):			1		
Gasto Metabólico Corregido (Kcal/hr):			391.2		
CATEGORIZACIÓN DEL TRABAJO		INDICE TGBH			
Relación de porcentaje Trabajo-Descanso	25% a 50%	Tipo de Ropa:	Pantalón sintético con algodón, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.		
Intensidad del Trabajo	PESADO	Corrección:	+0 °C		
		TGBH: (Registrado)	26.44 °C		
<b>TGBH FINAL:</b>			<b>26.44 °C</b>		
<b>Aclimatación del trabajador:</b>			<b>SI</b>		

N°	ACTIVIDAD 2: ASEGURAMIENTO DE CUERDAS	TIEMPO (seg.)	% TIEMPO	A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO. (Kcal/min)	B. TIPO DE TRABAJO. (Kcal/min)
1	Colocarse el arnés y posicionarse de manera segura al borde del techo del edificio.	30	10	1.3	1.5
2	Comenzar a deslizar manualmente la cuerda (de descenso y de rescate) hacia abajo por toda la fachada, hasta llegar a donde terminará el descenso por cuerda o finaliza la fachada.	150	50	0.6	2
3	Asegurar las cuerdas (deslizadas por la fachada) a los puntos de anclajes por contrapesos previamente instalados.	120	40	1.3	1.5
	TOTAL:	300	100		
C. GASTO METABÓLICO O BASAL (Kcal/min)				1.16	
Gasto Metabólico total (Kcal/min):				3.86	
Gasto Metabólico total (Kcal/hr):				231.6	
Factor de Corrección: (Peso/70Kg):				1	
Gasto Metabólico Corregido (Kcal/hr):				231.6	

CATEGORIZACIÓN DEL TRABAJO		INDICE TGBH	
Relación de porcentaje Trabajo-Descanso	25% a 50%	Tipo de Ropa:	Pantalón sintético con algodón, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.
Intensidad del Trabajo	MODERADO	Corrección:	+0 °C
		TGBH: (Registrado)	26.44 °C
<b>TGBH FINAL:</b>			<b>26.44 °C</b>
<b>Aclimatación del trabajador:</b>			<b>SI</b>

**Tabla N°6.3. Estimación de Gasto Metabólico y TGBH / TÉCNICO DE  
ACCESO POR CUERDAS.**

<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>Nombre:</b>	Efrain Cordova Garcia	<b>Sexo:</b>	Masculino		
<b>Edad:</b>	40 años	<b>Área:</b>	Limpieza de Fachada		
<b>Peso:</b>	66 Kg	<b>Lugar:</b>	Fachada		
<b>Talla:</b>	1.67 m	<b>Puesto:</b>	Técnico de APC		
N°	ACTIVIDAD 1: SEÑALIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	TIEMPO (seg.)	% TIEMPO	A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO. (Kcal/min)	B. TIPO DE TRABAJO. (Kcal/min)
1	Trasladar los conos, señalización y letreros al área a delimitar.	60	40	3	2
2	Delimitar el área de trabajo.	40	26.7	2.5	1.5
3	Caminar nuevamente a lugar de los conos, señalización y letreros.	50	33.3	2	0
	<b>TOTAL:</b>	150	100		
<b>C. GASTO METABÓLICO O BASAL (Kcal/min)</b>			1.14		
Gasto Metabólico total (Kcal/min):			4.874		
Gasto Metabólico total (Kcal/hr):			292.44		
Factor de Corrección: (Peso/70Kg):			0.94		
Gasto Metabólico Corregido (Kcal/hr):			274.89		
CATEGORIZACIÓN DEL TRABAJO		INDICE TGBH			
Relación de porcentaje Trabajo-Descanso	0% a 25%	Tipo de Ropa:	Pantalón sintético con algodón, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.		
Intensidad del Trabajo	MODERADO	Corrección:	+0 °C		
		TGBH: (Registrado)	26.44 °C		
<b>TGBH FINAL:</b>			<b>26.44 °C</b>		
<b>Aclimatación del trabajador:</b>			<b>SI</b>		

N°	ACTIVIDAD 2: LIMPIEZA DE FACHADA	TIEMPO (seg.)	% TIEMPO	A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO. (Kcal/min)	B. TIPO DE TRABAJO. (Kcal/min)
1	Instalación de sus herramientas, materiales y equipos sillero para descender.	60	1.92	0.6	1.5
2	Descenso por la cuerda hasta el área de limpieza.	60	1.92	0.3	2
3	Limpieza de fachada y luego continuar descenso.	3000	96.16	0.3	5
	TOTAL:	3120	100		
C. GASTO METABÓLICO O BASAL (Kcal/min)				1.14	
Gasto Metabólico total (Kcal/min):				5.19	
Gasto Metabólico total (Kcal/hr):				311.4	
Factor de Corrección: (Peso/70Kg):				0.94	
Gasto Metabólico Corregido (Kcal/hr):				292.716	
CATEGORIZACIÓN DEL TRABAJO		INDICE TGBH			
Relación de porcentaje Trabajo-Descanso	75% a 100%	Tipo de Ropa:		Pantalón sintético con algodón, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.	
Intensidad del Trabajo	MODERADO	Corrección:		+0 °C	
		TGBH: (Registrado)		29.44 °C	
<b>TGBH FINAL:</b>				<b>29.44 °C</b>	
<b>Aclimatación del trabajador:</b>				<b>SI</b>	

## 6.2. RESUMEN DE RESULTADOS DE ESTRÉS TÉRMICO:

Tabla N° 6.4. Resultado de Monitoreo de Estrés Térmico \_ ALMACENERO

N°	Fecha	Lugar	Actividad	Intensidad de Trabajo	% Trabajo - Descanso	TGBH (°C)				Límite (°C)	Nivel de Acción (°C)	Nivel de Riesgo
						10-11 (am)	11-12 (am)	12-13 (pm)	13-14 (pm)			
1	20/03/2019	Sótano	Descargar la carga.	Muy Pesado	25% a 50%	22.7	23.3	24.8	26.5	28	24.5	BAJO
2	20/03/2019	Sótano	Inspeccionar la carga.	Moderado	0% a 25%	22.7	23.3	24.8	26.5	31.5	29	BAJO
3	21/03/2019	Azotea	Trasladar la carga.	Pesado	25% a 50%	24.9	26.44	27.85	29.44	29	25.5	BAJO

Tabla N° 6.5. Resultado de Monitoreo de Estrés Térmico \_ INSTALADOR DE ANCLAJE

N°	Fecha	Lugar	Actividad	Intensidad de Trabajo	% Trabajo - Descanso	TGBH (°C)				Límite (°C)	Nivel de Acción (°C)	Nivel de Riesgo
						10-11 (am)	11-12 (am)	12-13 (pm)	13-14 (pm)			
1	21/03/2019	Azotea	Habilitar los puntos de anclaje con contrapesos.	Pesado	25% a 50%	24.9	26.44	27.85	29.44	29	25.5	MEDIO
2	21/03/2019	Azotea	Aseguramiento de cuerdas.	Moderado	25% a 50%	24.9	26.44	27.85	29.44	30	27	BAJO

Tabla N° 6.6. Resultado de Monitoreo de Estrés Térmico \_ TÉCNICO DE ACCESO POR CUERDAS.

N°	Fecha	Lugar	Actividad	Intensidad de Trabajo	% Trabajo - Descanso	TGBH (°C)				Límite (°C)	Nivel de Acción (°C)	Nivel de Riesgo
						11-12 (am)	12-13 (pm)	13-14 (pm)	14-15 (pm)			
1	21/03/2019	Fachada	Señalización del área de trabajo.	Moderado	0% a 25%	26.44	27.85	29.44	30.1	31.5	29	BAJO
2	21/03/2019	Fachada	Limpieza de fachada.	Moderado	75% a 100%	26.44	27.85	29.44	30.1	28	25	ALTO

## 6.3. ADECUACIÓN A RÉGIMEN TRABAJO – DESCANSO

Tabla N° 6.7. Tiempo máximo de trabajo por hora por Puesto de Trabajo 1

N°	Lugar	Hora (p.m.)	Puesto de Trabajo	TGBH(°C) (Descanso)	TGBH (°C) (Sin Techo)	Límite (°C)	Nivel de Acción (°C)	Nivel de Riesgo	Tiempo máximo de trabajo por hora (Minutos)
1	Fachada	13 – 14	Técnico de Acceso por Cuerdas _ Actividad 2	26.5	29.44	28	25	ALTO	49
2	Azotea	13 – 14	Instalador de Anclaje _ Actividad 1	26.5	29.44	29	25.5	ALTO	56
3	Azotea	13 – 14	Almacenero _ Actividad 3	26.5	29.44	29	25.5	ALTO	56

Tabla N° 6.8. Tiempo máximo de trabajo por hora por Puesto de Trabajo 2

N°	Lugar	Hora (p.m.)	Puesto de Trabajo	TGBH(°C) (Descanso)	TGBH (°C) (Sin Techo)	Límite (°C)	Nivel de Acción (°C)	Nivel de Riesgo	Tiempo máximo de trabajo por hora (Minutos)
1	Fachada	14 – 15	Técnico de Acceso por Cuerdas _ Actividad 2	26.5	30.1	28	25	ALTO	44
2	Azotea	14 – 15	Instalador de Anclaje _ Actividad 1	26.5	30.1	29	25.5	ALTO	51
3	Azotea	14 – 15	Almacenero _ Actividad 3	26.5	30.1	29	25.5	ALTO	51

## 6.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En base a lo obtenido en la Tabla N°6.1, 6.2 Y 6.3, los reportes de campo detallado en el Ítem de Anexos y recordando que para la evaluación del nivel de riesgo de estrés térmico se debe tener en cuenta variables como el individuo, la actividad física y las condiciones del ambiente térmico, a continuación se discute los resultados obtenidos para cada puesto de trabajo evaluado:

**Tabla N° 6.6. Discusión de resultados**

N°	Lugar	Puesto	Actividad	Discusión
1	Sótano (Con Techo) - Azotea (Sin Techo)	Almacenero	Descargar.	Se determinó un nivel de <b>Riesgo Bajo</b> . Debido a que realizan una actividad determinada cómo Muy Pesada y que dura máximo 30 minutos en donde el TGBH(i) ponderado medido entre las 10:00 am y 11:00 am fue de 22.7 °C un valor por debajo del Nivel de Acción. Sin embargo, si los trabajos se hubieran realizado entre las 12:00 pm y 14:00pm bajo las mismas condiciones descritas líneas arriba ahí ya se estaría excediendo el Nivel de Acción con lo cual el nivel de riesgo sería Medio.
			Inspeccionar.	Se determinó un nivel de <b>Riesgo Bajo</b> . Debido a que realizan una actividad determinada cómo Moderado y que dura máximo 15 minutos en donde el TGBH(i) ponderado medido entre las 10:00 am y 11:00 am fue de 22.7 °C un valor por debajo del Nivel de Acción. Sin embargo, si los trabajos se hubieran realizado entre las 12:00 pm y 14:00pm bajo las mismas condiciones descritas líneas arriba aun así no se estaría excediendo el Nivel de Acción con lo cual el nivel de riesgo se mantendría en bajo.
			Trasladar la carga.	Se determinó un nivel de <b>Riesgo Bajo</b> . Debido a que realizan una actividad determinada cómo Pesado y que dura máximo 30 minutos en donde el TGBH(e) ponderado medido entre las 10:00 am y 11:00 am fue de 24.9 °C un valor por debajo del Nivel de Acción. Sin embargo, bajo las mismas condiciones descritas líneas arriba si los trabajos se hubieran realizado entre las 11:00 pm y 12:00pm ya se estaría excediendo el Nivel de Acción y el nivel de Riesgo sería Medio. Si fuera entre las 13:00 pm y 14:00 pm ya excedería el Valor Límite permitido con lo cual el nivel de riesgo sería Alto.

2	<b>Azotea (Sin Techo)</b>	<b>Instalador de Anclaje</b>	Habilitar los puntos de anclaje con contrapesos.	Se determinó un nivel de <b>Riesgo Medio</b> . Debido a que realizan una actividad determinada cómo Pesado y que dura máximo 30 minutos en donde el TGBH(e) ponderado medido entre las 11:00 am y 12:00 pm fue de 26.44 °C un valor por encima del Nivel de Acción y debajo del Límite permitido. Sin embargo, bajo las mismas condiciones descritas líneas arriba si los trabajos se hubieran realizado entre las 13:00 pm y 14:00 pm ya se estaría excediendo el Valor Límite permitido con lo cual el nivel de riesgo sería Alto.
			Aseguramiento de cuerdas.	Se determinó un nivel de <b>Riesgo Bajo</b> . Debido a que realizan una actividad determinada cómo Moderado y que dura máximo 30 minutos en donde el TGBH(e) ponderado medido entre las 11:00 am y 12:00 pm fue de 26.44 °C un valor por debajo del Nivel de Acción. Sin embargo, bajo las mismas condiciones descritas líneas arriba si los trabajos se hubieran realizado entre las 12:00 pm y 14:00 pm ya se estaría excediendo el Nivel Acción pero no el Límite permitido con lo cual el nivel de riesgo sería Medio.
3	<b>Fachada principal</b>	<b>Técnico de Acceso por cuerdas</b>	Señalización del área de trabajo.	Se determinó un nivel de <b>Riesgo Bajo</b> . Debido a que realizan una actividad determinada cómo Moderado y que dura máximo 15 minutos en donde el TGBH(e) ponderado medido entre las 11:00 am y 12:00 pm fue de 26.44 °C un valor por debajo del Nivel de Acción. Sin embargo, bajo las mismas condiciones descritas líneas arriba si los trabajos se hubieran realizado entre las 13:00 pm y 15:00 pm ya se estaría excediendo el Nivel Acción pero no el Límite permitido con lo cual el nivel de riesgo sería Medio.
			Limpieza de Fachada	Se determinó un nivel de <b>Riesgo Alto</b> . Debido a que realizan una actividad determinada cómo Moderado y que dura máximo 60 minutos en donde el TGBH(e) ponderado medido entre las 13:00 am y 14:00 pm fue de 29.44 °C un valor por encima del valor Límite permitido. Bajo las mismas condiciones descritas líneas arriba si los trabajos se hubieran realizado entre las 14:00 pm y 15:00 pm también se estaría excediendo el valor Límite permitido con lo cual el nivel de riesgo se mantendría en Alto. Según el cálculo del tiempo máximo de trabajo por hora se obtiene 49 min y 44 min para un horario de 13:00 - 14:00 pm y 14:00 - 15:00 pm respectivamente.

## CAPITULO VII. CONCLUSIONES

### 7.1. CONCLUSIONES GENERALES

- De acuerdo a los resultados se tiene que 1 de los 3 puestos de trabajo evaluados presentan en una de sus actividades un nivel de **Riesgo Alto**, es decir supera el Límite Máximo Permisible establecido por R.M. N°375-2008-TR Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico y la Guía N°2. Medición de Estrés Térmico del D.S.\_024\_2016\_E.M.

El puesto en mención es el Técnico de Acceso por cuerdas en la Actividad de Limpieza de Fachada.

- De acuerdo a los resultados se tiene que 1 de los 3 puestos de trabajo evaluados presentan en una de sus actividades un nivel de **Riesgo Medio**, es decir no supera el Límite Máximo Permisible pero si el Nivel de Acción establecido por R.M. N°375-2008-TR Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico y la Guía N°2. Medición de Estrés Térmico del D.S.\_024\_2016\_E.M.

El puesto en mención es el Instalador de Anclaje en la Actividad de Habilitar los Puntos de anclaje con contrapesos.

- De acuerdo a los resultados se tiene que 3 de los 3 puestos de trabajo evaluados presentan en una de sus actividades un nivel de **Riesgo Bajo**, es decir no supera el Nivel de Acción establecido por R.M. N°375-2008-TR Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico y la Guía N°2. Medición de Estrés Térmico del D.S.\_024\_2016\_E.M.

Los puestos en mención son:

- **Almacenero:** En sus 3 actividades (Descargar, Inspeccionar, Trasladar la carga).
- **Instalador de Anclaje:** En 1 actividad (Aseguramiento de cuerdas).
- **Técnico de Acceso por cuerdas:** En 1 actividad (Señalización del área de trabajo).

## 7.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

N°	Lugar	Puesto	Actividad	Discusión
1	Sótano (con techo) – Azotea (sin techo)	Almacenero	Descargar	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TGBH(i): <b>22.7°C.</b></li> <li>* Se identificó un gasto calórico de <b>494 Kcal/Hora.</b></li> <li>* Intensidad de trabajo: <b>Muy Pesado.</b></li> <li>* Aclimatado: <b>Si</b></li> <li>* <u>Nivel de Riesgo bajo</u>, es decir <b>no supera el nivel de acción (24.5°C).</b></li> <li>* Ciclo de Trabajo – Descanso: <b>25% a 50%.</b></li> </ul>
			Inspeccionar	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TGBH(i): <b>22.7°C.</b></li> <li>* Se identificó un gasto calórico de <b>217.89 Kcal/Hora.</b></li> <li>* Intensidad de trabajo: <b>Moderado.</b></li> <li>* Aclimatado: <b>Si</b></li> <li>* <u>Nivel de Riesgo bajo</u>, es decir <b>no supera el nivel de acción (29°C).</b></li> <li>* Ciclo de Trabajo – Descanso: <b>0% a 25%.</b></li> </ul>
			Trasladar la carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TGBH(e): <b>24.9°C.</b></li> <li>* Se identificó un gasto calórico de <b>361.8 Kcal/Hora.</b></li> <li>* Intensidad de trabajo: <b>Pesado.</b></li> <li>* Aclimatado: <b>Si</b></li> <li>* <u>Nivel de Riesgo bajo</u>, es decir <b>no supera el nivel de acción (25.5°C).</b></li> <li>* Ciclo de Trabajo – Descanso: <b>25% a 50%.</b></li> </ul>
2	Azotea	Instalador de Anclaje	Habilitar los puntos de anclaje con contrapesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TGBH(e): <b>26.44°C.</b></li> <li>* Se identificó un gasto calórico de <b>391.2 Kcal/Hora.</b></li> <li>* Intensidad de trabajo: <b>Pesado.</b></li> <li>* Aclimatado: <b>Si</b></li> <li>* <u>Nivel de Riesgo Medio</u>, es decir <b>no supera el Límite Máximo Permisible (29°C) y si supera el nivel de acción (25.5°C).</b></li> <li>* Ciclo de Trabajo – Descanso: <b>25% a 50%.</b></li> </ul>
			Aseguramiento de cuerdas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TGBH(e): <b>26.44°C.</b></li> <li>* Se identificó un gasto calórico de <b>231.6 Kcal/Hora.</b></li> <li>* Intensidad de trabajo: <b>Moderado.</b></li> <li>* Aclimatado: <b>Si</b></li> <li>* <u>Nivel de Riesgo bajo</u>, es decir <b>no supera el nivel de acción (27°C).</b></li> <li>* Ciclo de Trabajo – Descanso: <b>25% a 50%.</b></li> </ul>

3	Fachada	Técnico de Acceso por cuerdas	Señalización del área de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TGBH(e): <b>26.44°C.</b></li> <li>* Se identificó un gasto calórico de <b>274.89 Kcal/Hora.</b></li> <li>* Intensidad de trabajo: <b>Moderado.</b></li> <li>* Aclimatado: <b>Si</b></li> <li>* <u>Nivel de Riesgo bajo</u>, es decir <b>no supera el nivel de acción (29°C).</b></li> <li>* Ciclo de Trabajo – Descanso: <b>0% a 25%.</b></li> </ul>
			Limpieza de fachada	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TGBH(e): <b>29.44°C.</b></li> <li>* Se identificó un gasto calórico de <b>292.71 Kcal/Hora.</b></li> <li>* Intensidad de trabajo: <b>Moderado.</b></li> <li>* Aclimatado: <b>Si</b></li> <li>* <u>Nivel de Riesgo alto</u>, es decir <b>si supera el límite Máximo Permisible (28°C).</b></li> <li>* Ciclo de Trabajo – Descanso: <b>75% a 100%.</b></li> </ul>

## CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES

### 8.1. RECOMENDACIONES GENERALES

\* Implementar un Programa de Regímenes de Trabajo-Descanso para actividades críticas que permita restringir la exposición a situaciones extremas de estrés térmico por hora de trabajo.

\* Implementar un programa de Vigilancia de la Salud que incluya un Plan Integral de Nutrición que asegure una adecuada alimentación de los trabajadores y prevea problemas asociados por obesidad y/o sobrepeso.

### 8.2. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

Nº	Lugar	Puesto	Actividad	Controles Recomendados
1	Sótano (con techo) – Azotea (sin techo)	Almacenero	Descarga	Puede continuar con el régimen actual de trabajo.
			Inspeccionar	Puede continuar con el régimen actual de trabajo.
			Trasladar la carga	Puede continuar con el régimen actual de trabajo.
2	Azotea	Instalador de Anclaje	Habilitar los puntos de anclaje con contrapesos.	Puede continuar con el régimen actual de trabajo, sin embargo se deberá considerar los controles generales (Según se detalla en el marco teórico punto 2.5 (5).
			Aseguramiento de cuerdas	Puede continuar con el régimen actual. Puede continuar con el régimen actual de trabajo.
3	Fachada	Técnico de Acceso por cuerdas	Señalización	Puede continuar con el régimen actual de trabajo.
			Limpieza de fachada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el Índice de Sobrecarga Térmica (IST) para tener un análisis más detallado de la exposición a estrés térmico por calor. Ingresando a <a href="http://calculadores.insht.es:86">http://calculadores.insht.es:86</a>.</li> <li>• Realizar una monitorización fisiológica del riesgo de sobrecarga térmica. (Según se detalla en el marco teórico punto 2.5 (6).</li> <li>• Aplicar controles específicos, evaluando periódicamente su efectividad y ajustarlos según sea necesario. (Según se detalla en el marco teórico punto 2.5 (7).</li> </ul> <p>En caso no puedan bajar al piso para hacer descansos en un ambiente con techo y tengan que permanecer colgados hasta terminar la limpieza, se recomienda evitar continuar con el régimen actual de trabajo en el horario de 13:00 pm – 15:00 pm.</p> <p>Así mismo se deberá implementar un programa eficaz de prevención de enfermedades relacionadas con el calor, se considera:</p> <p>Programa de Aclimatación, Programa de monitoreo medico anual, Programa de entrenamiento en Estrés Térmico, Actualizar la actividad en el IPERC y Plan de Emergencia, Programar el trabajo desde las 7:00 am y ampliar el horario de almuerzo de 13:00 pm – 15:00 pm y Proveer a cada trabajador un Protector solar (Bloqueador). Implementar un programa diario de Rehidratación con agua y minerales.</p>

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Mendoza, J. (2012, Feb). Estrés Térmico por Calor de Javier Gurrea Gracia y Maria Luisa Artigas. MAZ Sociedad de Prevención. <https://es.scribd.com/doc/81662976>
- Parsons, Kenneth C (1998). Evaluación del estrés térmico por calor e índices de estrés por calor. En enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo OIT. (Vol. II, Parte VI, Riesgos Generales, 42. Calor y Frío, pp. 17-18). Madrid: Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales-Subdirección General de Publicaciones.
- Ogawa, Tokuo (1998). Transtornos producidos por el calor. En enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo OIT. (Vol. II, Parte VI, Riesgos Generales, 42. Calor y frío, pp. 08-11). Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales-Subdirección General de Publicaciones.
- Calle, Calor (2013, May). Estrés Calórico ISO 7243. Universidad Bernardo O'Higgins. <https://es.scribd.com/doc/143853739>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo – NTP 922 (2011). Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (I).  
INSHT  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/889a925/922w.pdf>
- OSHA – CENTRO PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES (2011). Protección de los trabajadores contra las enfermedades por calor. [Http://WWW.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2011-174\\_sp](http://WWW.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2011-174_sp)
- Menéndez Díez, Faustino. (2008). Higiene Industrial. Manual para la formación del especialista. (7ma. Ed) Valladolid: Lex Nova. Tema 8. Ambientes Térmicos Severos.
- Mondelo, Pedro R. & Enrique Gregori & Pedro Barrau (1999) Ergonomía 1. Fundamentos. Tema 4. Ambiente Térmico. (3era. Ed.) Barcelona. Edición UPC
- EUROPEAN HYDRATION INSTITUTE. (2013, May). Deshidratación. <http://www.europeanhydrationinstitute.org/es/dehydration.html>
- ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2010). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH Worldwide. USA.  
[https://elpais.com/internacional/2017/02/02/america/1486073617\\_424949.html](https://elpais.com/internacional/2017/02/02/america/1486073617_424949.html)
- Higiene Industrial Aplicada – Manuel Jesús Falagán Rojo, 1ra Edición, Julio 2001.
- Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo – Organización Internacional de Trabajo (OIT), 4ta Edición, 1998.
- Manual de Higiene Industrial de Mapfre, 4ta Edición, Diciembre 1996.
- TLV's and BELs 2014 – Based on the Documentation of the Threshold limit Valous for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices – ACGIH.  
<http://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/>
- Manual Técnico OSHA. Sección III. Capítulo 4. Estrés por calor.
- Manual Técnico ACGIH. TLV's and BEI's 2018
- NIOSH: Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to heat and hot environments.
- Heat Stress. Section III-Chapter 4. OSHA 2017.  
([https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iii/otm\\_iii\\_4.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html))

## GLOSARIO DE TERMINOS

Las definiciones a continuación son tomadas de la Guía N°2. Medición de Estrés Térmico del D.S. 024\_2016\_E.M.

1. **Temperatura de Bulbo Seco (TBS) o aire (TA):** Es la temperatura del aire medida por ejemplo con un termómetro convencional de mercurio u otro método adecuado y fiable.

- El sensor debe estar protegido de la radiación térmica, sin que esto impida la circulación natural del aire a su alrededor.
- Debe tener una escala de medida entre 20°C y 60°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ).

2. **Temperatura de Bulbo Húmedo (TBH):** Es el valor indicado por un sensor de temperatura recubierto de un tejido humedecido que es ventilado de forma natural, es decir, sin ventilación forzada. Esto último diferencia a esta variable de la **temperatura húmeda psicométrica**, que requiere una corriente de aire alrededor del sensor y que es la más conocida y utilizada en termodinámica y en las técnicas de climatización. El sensor debe tener las siguientes características:

- Forma cilíndrica.
- Diámetro externo de 6mm  $\pm$  1mm
- Longitud 30mm  $\pm$  5mm
- Rango de medida 5°C 40°C
- Precisión  $\pm 0.5^\circ\text{C}$
- La parte sensible del sensor debe estar recubierta de un tejido (p.e. algodón) de alto poder absorbente de agua.
- El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6mm, y parte de él (20mm) debe estar cubierta por el tejido, para reducir el calor transmitido por conducción desde el soporte al sensor.
- El tejido de formar una manga que ajuste sobre el sensor. No debe estar demasiado apretado ni demasiado holgado.
- El tejido debe mantenerse limpio.
- La parte inferior del tejido debe estar inmersa en agua destilada y la parte no sumergida del tejido tendrá una longitud entre 20 mm y 30 mm.
- El recipiente del agua destilada estará protegido de la radiación térmica.

3. **Temperatura de Globo (TG):** Es la temperatura obtenida de un termómetro que está dentro de una esfera pintada de negro en su parte externa. Mide la temperatura por radiación. Las características de la esfera serán las siguientes:

- 150 mm de diámetro.
- Coeficiente de emisión medio: 90 (negro y mate).
- Grosor: tan delgado como sea posible.
- Escala de medición: 20 °C-120 °C.
- Precisión:  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  de 20 °C a 50 °C y  $\pm 1^\circ\text{C}$  de 50 °C a 120 °C.

4. **Humedad del Aire:** Es la cantidad de vapor de agua contenida en una determinada cantidad de aire.

5. **Temperatura de Globo y de Bulbo Húmedo (TGBH):** Valor que integra valores de temperatura del aire, temperatura por radiación y temperatura por humedad.

6. **Temperatura de Globo y de Bulbo Húmedo interno (TGBHi):** Temperatura de Globo y de Bulbo Húmedo interna, TGBH que no considera los valores de temperatura por radiación. Se usa para ambientes cerrados donde el trabajador no tiene exposición a la luz solar.
7. **Temperatura de Globo y de Bulbo Húmedo externo (TGBHe):** Temperatura de Globo y de Bulbo Húmedo Externa, TGBH que sí considera los valores de temperatura por radiación. Se usa para ambientes abiertos o donde el trabajador se expone a la luz solar.
8. **Calor Metabólico:** Calor generado en el cuerpo debido a la actividad que se está realizando. En la exposición a estrés térmico se deberá determinar si un ambiente permite que el calor metabólico sea eliminado de manera eficiente.
9. **Aclimatización:** Es un proceso de adaptación fisiológica que incrementa la tolerancia a ambientes calurosos, fundamentalmente por variación del flujo de sudor y del ritmo cardíaco. La aclimatización es un proceso necesario, que debe realizarse a lo largo de 6 o 7 días de trabajo, incrementando poco a poco la exposición al calor. Se considera que un trabajador está aclimatizado si ha realizado un trabajo con exposición a calor en al menos 5 de los últimos 7 días o 10 de los últimos 14. Sin embargo, los beneficios de la aclimatización se pierden fácilmente si las variaciones en la temperatura son importantes (elevaciones repentinas) o si no ha habido exposición en más de 4 días.
10. **Límite Permisible:** Valor máximo que debe alcanzar la temperatura TGBH en un ambiente caluroso. Sin embargo, no es una frontera definida entre condiciones seguras e inseguras, por lo que se recomienda siempre usarlo junto con el Nivel de Acción.
11. **Nivel de Acción:** Valor de temperatura TGBH por encima del cual se deberá empezar a tomar medidas correctivas y preventivas para hacer frente a la exposición a calor en el ambiente de trabajo. Además, se deberá adoptar medidas de vigilancia médica que garanticen la no presencia de síntomas y signos del estrés térmico.

**SIMBOLOS Y ABREVIATURAS:**

**ISO:** International Organization for Standardization.

(Organización Internacional de Normalización).

**WBGT ó TGBH:** Índice Wet Bulb Globe Temperature.

(Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo).

**OSHA:** Occupational Safety & Health Administration.

(Administración de Seguridad y Salud).

**HR:** Humedad Relativa.

**TLV's:** Threshold Limit Values.

(Valores límites Umbrales).

**ACGIH:** American Conference of Governmental Industrial Hygienist

(Conferencia Americana de Higienistas Industriales).

**NIOSH:** National Institute of Occupational Safety and Health

(Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional).

**Clo:** Índice de Indumento.

## ANEXOS

## ANEXO I: REPORTES DE CAMPO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

## Datos de Empresa / Área / Trabajadores

**Empresa:** ASTROS PERÚ SERVICE S.A.C.      **Área a la que pertenece:** OPERACIONES.  
**Fecha:** 20-21/03/19      **Hora de Monitoreo:** De 10:00am a 14:00pm.  
**Lugar de evaluación:** SÓTANO Y AZOTEA.      **Horario de Trabajo:** De 08:00am – 17:00pm.  
**Puesto:** ALMACENERO.      **Régimen de Trabajo:** Lunes a Sábado.  
**Nombre de trabajador:** Ever Cordova Garcia      **Experiencia del trabajador:** 2 años.  
**Edad del trabajador:** 24 años.      **Talla del trabajador:** 1.75m.  
**Peso del trabajador:** 78 Kg.      **Sexo del trabajador:** Masculino  
**N° personas expuestas:** 2 personas      **Evaluador:** Rolando Huamán Bellido

## Datos del Equipo

**N° Serie Estrés Térmico:** TPN 090052      **Marca:** 3M      **Modelo:** Quest Temp°32  
**Pre-Verificación:**      Hora: 09:50 am      **TGBH (i):** 21.9°C  
**Post-Verificación:**      Hora: 14:10 pm      **TGBH (i):** 26.7°C

## Descripción del ambiente de trabajo

**Fuente de Calor:** Calor interno generado por el Trabajo continuo y en movimiento. Exposición solar.

**Descripción del Ambiente de Trabajo:** Ambiente bajo techo (Sótano) y sin techo (Azotea)

N° Puertas	N° Ventanas	Altura del Techo	Material de paredes	N° Ventiladores	N° Extractores
N/A	N/A	3 metros	Cemento	-	-

## Datos del Campo

## Datos de Equipo en Zona de trabajo

Actividad (*)	BH (°C)	BS (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)	HR (%)	Velocidad del viento (m/s)
Descarga	-	-	-	22.7	-	-
Inspeccionar	-	-	-	22.7	-	-
Trasladar la carga	-	-	-	24.9	-	-

## Datos de Equipo en Zona de Descanso

Descripción (*)	BH (°C)	BS (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)	HR (%)	Velocidad del viento (m/s)
-	-	-	-	-	-	-

(\*) Se considerar el mismo valor a la altura de Pies, abdomen, cabeza.

<b>Gasto Metabólico: Descargar</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo de Actividad (Segundos)</b>	<b>Posición y Movimiento del cuerpo (**)</b>	<b>Tipo de trabajo (Parte del Cuerpo) (***)</b>
Subir la camioneta para iniciar la descarga.	5	2.8	3.5
Caminar hasta la carga (Equipos, Materiales o Herramientas).	30	2	0
Levantar la carga y trasladarlo al borde de la camioneta.	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>4.5</b>
Bajar de la camioneta.	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3.5</b>
Descargar al piso la carga dejada en el borde de la camioneta.	<b>60</b>	<b>2.5</b>	<b>4.5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>		

<b>Gasto Metabólico: Inspeccionar</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo de Actividad (Segundos)</b>	<b>Posición y Movimiento del cuerpo (**)</b>	<b>Tipo de trabajo (Parte del Cuerpo) (***)</b>
Verificar que la carga esté registrada en la guía de ingreso de Equipos, Materiales o Herramientas de la Empresa.	60	0.6	0.4
Verificar el estado de conservación y funcionamiento de los Equipos, Materiales o Herramientas.	180	2	0.4
<b>TOTAL</b>	<b>240</b>		

<b>Gasto Metabólico: Trasladar la carga</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo de Actividad (Segundos)</b>	<b>Posición y Movimiento del cuerpo (**)</b>	<b>Tipo de trabajo (Parte del Cuerpo) (***)</b>
Levantar y ordenar la carga encima de las plataformas móviles	20	3	5
Trasladar la carga hasta el ascensor del edificio.	50	3	6
Esperar parado en el ascensor.	50	0.6	0
Trasladar la carga hasta el área asignada.	60	2.5	5
Regresar caminando al ascensor.	50	2.5	0
Esperar parado en el ascensor	50	0.6	0
Caminar al lugar de la carga.	40	2.5	0
<b>TOTAL</b>	<b>320</b>		

(\*\*) Considerar sentado, De pie, Andando, subida de una pendiente andando

(\*\*\*) Considerar trabajo manual, Trabajo con un brazo, Trabajo con dos brazos, trabajo con el cuerpo.

Datos adicionales				
Pausas		Almuerzo de 13:00 a 14:00 hrs.		
Tipo de Ropa		Algodón.		
Pausas/Descansos		Si.		
Rehidratación		Si.		
Aclimatado		Si.		
Percepción del trabajo		Ligeramente pesado, dependiendo de la producción.		
Controles Existentes				
Eliminación	Sustitución	Ingeniería	Administrativos	EPP
-	-	X	X	X
<p><b>Descripción:</b> <u>Pantalón de drill, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.</u>  <b>Considerar Ventiladores, dispensadores de agua cerca, etc,</b> Dispensadores de agua cerca.</p>				

Observaciones
---
---
---

**Datos de Empresa / Área / Trabajador**

Empresa: ASTROS PERU SERVICE S.A.C.      Área a la que pertenece: OPERACIONES.  
 Fecha: 21/03/19      Hora de monitoreo: De 10:00am a 14:00pm  
 Lugar de evaluación: Fachada del Edificio      Horario de Trabajo: De 08:00am - 17:00pm  
 Puesto: INSTALADOR DE ANCLAJE      Régimen de trabajo: Lunes a Sábado.  
 Nombre: Melecio Cordova Garcia      Experiencia del trabajador: 10 años  
 Edad del trabajador: 35 años      Talla del trabajador: 1.68 m  
 Peso del trabajador: 70 Kg      Sexo del trabajador: Masculino  
 N° personas expuestas: 2 personas      Evaluador: Rolando Huamán Bellido

**Datos del Equipo**

**N° Serie Estrés Térmico:** TPN 090052      **Marca:** 3M      **Modelo:** QUESTemp°32

**Pre-Verificación:**      Hora: 09:50 am      TGBH: 24.5 °C

**Post-Verificación:**      Hora: 15:10 pm      TGBH: 29.8 °C

**Descripción del ambiente de trabajo**

**Fuente de Calor:** Radiación Solar

**Descripción del Ambiente de Trabajo:** Ambiente al aire libre

N° Puertas	N° Ventanas	Altura del Techo	Material de paredes	N° Ventiladores	N° Extractores
-	-	-	-	-	-

**Datos del Campo****Datos de Equipo en Zona de trabajo**

Actividad (*)	BH (°C)	BS (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)	HR (%)	Velocidad del viento (m/s)
Habilitar los puntos de anclaje con contrapesos.	-	-	-	26.44	-	-
Aseguramiento de cuerdas.	-	-	-	26.44	-	-

**Datos de Equipo en Zona de Descanso**

Lugar (*)	BH (°C)	BS (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)	HR (%)	Velocidad del viento (m/s)
Azotea techada	-	-	-	26.5	-	-

(\*)Considerar (Altura de Pies, abdomen, cabeza)

<b>Gasto Metabólico: Habilitar los puntos de anclaje con contrapesos</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo de Actividad (Segundos)</b>	<b>Posición y Movimiento del cuerpo (**)</b>	<b>Tipo de trabajo (Parte del Cuerpo) (***)</b>
Trasladar/ Posicionar los equipos y herramientas al punto de instalación.	40	2.5	5
Asegurar y unir los contrapesos con el cable de acero y sus respectivos grilletes de acero.	240	0.5	4.5
<b>TOTAL</b>	<b>280</b>		

<b>Gasto Metabólico: Aseguramiento de cuerdas</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo de Actividad (Segundos)</b>	<b>Posición y Movimiento del cuerpo (**)</b>	<b>Tipo de trabajo (Parte del Cuerpo) (***)</b>
Colocarse el arnés y posicionarse de manera segura al borde del techo del edificio.	30	1.3	1.5
Comenzar a deslizar manualmente la cuerda (de descenso y de rescate) hacia abajo por toda la fachada, hasta llegar a donde terminará el descenso por cuerda o finaliza la fachada.	150	0.6	2
Asegurar las cuerdas (deslizadas por la fachada) a los puntos de anclajes por contrapesos previamente instalados.	120	1.3	1.5
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>		

(\*\*) Considerar sentado, De pie, Andando, subida de una pendiente andando

(\*\*\*) Considerar trabajo manual, Trabajo con un brazo, Trabajo con dos brazos, trabajo con el cuerpo.

<b>Datos adicionales</b>				
<b>Pausas</b>	<b>Almuerzo de 13:00 a 14:00 hrs.</b>			
<b>Tipo de Ropa</b>	<b>Algodón.</b>			
<b>Pausas/Descansos</b>	<b>Si.</b>			
<b>Rehidratación</b>	<b>Si.</b>			
<b>Aclimatado</b>	<b>Si.</b>			
<b>Percepción del trabajo</b>	<b>Ligeramente pesado, depende de la producción y el clima.</b>			
<b>Controles Existentes</b>				
<b>Eliminación</b>	<b>Sustitución</b>	<b>Ingeniería</b>	<b>Administrativos</b>	<b>EPP</b>
-	-	x	x	x
<b>Descripción:</b> <u>Pantalón de drill, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.</u> <b>Considerar Ventiladores, dispensadores de agua cerca, etc.</b>				

**Datos de Empresa / Área / Trabajador**

Empresa: ASTROS PERU SERVICE S.A.C.      Área a la que pertenece: OPERACIONES.  
 Fecha: 21/03/19      Hora de monitoreo: De 10:00am a 15:00pm  
 Lugar de evaluación: Fachada del Edificio      Horario de Trabajo: De 08:00a, - 17:00pm  
 Puesto: TÉCNICO DE ACCESO POR CUERDAS      Régimen de trabajo: Lunes a Sábado.  
 Nombre: Efrain Cordova Garcia      Experiencia del trabajador: 10 años  
 Edad del trabajador: 40 años      Talla del trabajador: 1.67 m  
 Peso del trabajador: 66 Kg      Sexo del trabajador: Masculino  
 N° personas expuestas: 2 personas      Evaluador: Rolando Huamán Bellido

**Datos del Equipo**

**N° Serie Estrés Térmico:** TPN 090052      **Marca:** 3M      **Modelo:** QUESTemp°32  
**Pre-Verificación:**      Hora: 09:50 am      TGBH: 24.5 °C  
**Post-Verificación:**      Hora: 15:10 pm      TGBH: 29.8 °C

**Descripción del ambiente de trabajo**

**Fuente de Calor:** Calor interno generado por el Trabajo continuo y en movimiento. Exposición solar.

**Descripción del Ambiente de Trabajo:** Sin techo (Azotea)

N° Puertas	N° Ventanas	Altura del Techo	Material de paredes	N° Ventiladores	N° Extractores
-	-	-	-	-	-

**Datos del Campo****Datos de Equipo en Zona de trabajo**

Actividad (*)	BH (°C)	BS (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)	HR (%)	Velocidad del viento (m/s)
Señalización del área de trabajo.	-	-	-	26.44	-	-
Limpieza de fachada.	-	-	-	29.44	-	-

**Datos de Equipo en Zona de Descanso**

Lugar (*)	BH (°C)	BS (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)	HR (%)	Velocidad del viento (m/s)
Azotea con techo	-	-	-	26.5	-	-

(\*)Considerar (Altura de Pies, abdomen, cabeza)

<b>Gasto Metabólico: Señalización del área de trabajo</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo de Actividad (Segundos)</b>	<b>Posición y Movimiento del cuerpo (**)</b>	<b>Tipo de trabajo (Parte del Cuerpo) (***)</b>
Trasladar los conos, señalización y letreros al área a delimitar.	60	3	2
Delimitar el área de trabajo.	40	2.5	1.5
Caminar nuevamente al lugar de los conos. Señalización y letreros.	50	2	0
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>		

<b>Gasto Metabólico: Limpieza de fachada</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo de Actividad (Segundos)</b>	<b>Posición y Movimiento del cuerpo (**)</b>	<b>Tipo de trabajo (Parte del Cuerpo) (***)</b>
Instalación de sus herramientas, materiales y equipo sillero para descender.	60	0.6	1.5
Descenso por la cuerda hasta el área de limpieza.	60	0.3	2
Limpieza de fachada y luego continuar el descenso.	3000	0.3	5
<b>TOTAL</b>	<b>3120</b>		

(\*\*) Considerar sentado, De pie, Andando, subida de una pendiente andando

(\*\*\*) Considerar trabajo manual, Trabajo con un brazo, Trabajo con dos brazos, trabajo con el cuerpo.

<b>Datos adicionales</b>				
<b>Pausas</b>	<b>Almuerzo de 13:00 a 14:00 hrs.</b>			
<b>Tipo de Ropa</b>	<b>Algodón.</b>			
<b>Pausas/Descansos</b>	<b>Si.</b>			
<b>Rehidratación</b>	<b>Si.</b>			
<b>Aclimatado</b>	<b>Si.</b>			
<b>Percepción del trabajo</b>	<b>Pesado, dependiendo de la producción y el clima.</b>			
<b>Controles Existentes</b>				
<b>Eliminación</b>	<b>Sustitución</b>	<b>Ingeniería</b>	<b>Administrativos</b>	<b>EPP</b>
-	-	-	X	x
<b>Descripción: Pantalón de drill, polo de algodón manga larga, lentes oscuros.</b>				
<b>Considerar Ventiladores, dispensadores de agua cerca, etc.</b>				

<b>Observaciones</b>
---
---
---

**ANEXO II: MATRICES DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y  
CONTROLES (IPERC de Almacenero de Patio/Despachador de Patio)**

**ANEXO III: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

----

**ANEXO IV: CLASIFICACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE ACUERDO CON EL INDICE DE MASA CORPORAL (IMC)**

<b>Clasificación del IMC</b>	
<b>Insuficiencia ponderal</b>	<b>&lt; 18.5</b>
<b>Intervalo normal</b>	<b>18.5 – 24.9</b>
<b>Sobrepeso</b>	<b>≥ 25</b>
<b>Obesidad</b>	<b>≥30.0</b>
<b>Obesidad de clase I</b>	<b>30.0 – 34.9</b>
<b>Obesidad de clase II</b>	<b>35.0 – 39.9</b>
<b>Obesidad de clase III</b>	<b>≥40.0</b>

**ANEXO V: INDICE DE MASA CORPORAL DE PUESTOS EVALUADOS**

N°	Área	Lugar	Puesto de Trabajo	Talla (m)	Peso (Kg)	Índice de Masa Corporal (IMC)	Clasificación del IMC
1	Operaciones	<b>Sótano – Azotea (en sombra)</b>	<b>Almacenero</b>	1.75	78	25.4	Sobrepeso
2		<b>Techo del Edificio</b>	<b>Instalador de Anclaje</b>	1.68	70	24.8	Intervalo Normal
3		<b>Fachada principal</b>	<b>Técnico de Acceso por cuerdas</b>	1.67	66	23.7	Intervalo Normal

**ANEXO II: MATRICES DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONTROLES (IPERC de Almacenero de Patio/Despachador de Patio)**



MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

Contrato:	CBRE
Area:	LINEA VERTICAL - ANDAMIOS

30.12.2018
30.12.2019

N°	Proceso	Actividades	Tareas	Peligro	Riesgo		Medidas de Control ACTUALES	Requisito Legal Aplicable a ASTROS PERU	Actividad Rutinaria	IP			Riesgo CRITICO	IR			Riesgo CRITICO		
					Seguridad	Salud Ocupacional				Indice de Probabilidad	Indice de Riesgo			Indice de Probabilidad	Indice de Riesgo (Final)				
										1	A	M	B	1	A	M	B		
		TRASLADO DE MATERIALES	INSTALACION DE MATERIALES AL AREA DE TRABAJO	CABLES EXPUESTOS	CAÍDAS AL MISMO NIVEL GOLPES CONTUSIONES		1. EL ACCESO DEL PERSONAL SE REALIZARA POR LA PARTE INTERNA DE LA ESCALERA SUJETÁNDOSE DE LAS BARANDAS LATERALES. 2. EL MATERIAL SERÁ TRASLADADO EN CAJAS BAUKER CON RUEDAS Y TODO EL MATERIAL ASEGURADO. 3. ELABORACIÓN DE FORMATOS DE CONTROL. AST.. 4. USO DE EPP'S., PROPORCIONAR GUANTES CON RECUBRIMIENTO DE NITRILU U OTROS DE CARACTERÍSTICAS SIMILARES., PROPORCIONAR ROPA/ UNIFORME DE TRABAJO QUE CUBRA LA MAYOR PARTE DEL CUERPO Y A LA MEDIDA DEL TRABAJADOR. ASÍ COMO CASCO, LENTES, MASCARILLA Y/O RESPIRADORES, GUANTES. 5. EL TRASLADO DE HERRAMIENTAS EN CAJA SE DEBERÁ DE REALIZAR ENTRE DOS PERSONAS PARA MINIMIZAR EL PESO DE TRASLADO.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	SI				24	No				25	No
				MOVIMIENTO REPETITIVOS / SOBRE ESFUERZO FÍSICO	LESIONES MUSCOLO-ESQUELETICA (DOLORES DE ESPALDA, LESIONES EN LAS MANOS )		1. ADOPTAR POSTURAS ADECUADAS PARA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES. 2. REALIZAR LA ACTIVIDAD ENTRE DOS PERSONAS. 3. USO DE EPP'S., PROPORCIONAR GUANTES CON RECUBRIMIENTO DE NITRILU U OTROS DE CARACTERÍSTICAS SIMILARES., PROPORCIONAR ROPA/ UNIFORME DE TRABAJO QUE CUBRA LA MAYOR PARTE DEL CUERPO Y A LA MEDIDA DEL TRABAJADOR. ASÍ COMO CASCO, LENTES, MASCARILLA Y/O RESPIRADORES, GUANTES. IMPLEMENTAR GIMNASIA OCUPACIONAL O ESTIRAMIENTO DE LOS MÚSCULOS PARA EVITAR LESIÓN.	APRUEBAN LA NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO / LEY N° 27711 . RESOLUCIÓN MINISTERIAL 375- 2008 TR	SI				18	No				25	No
				TRÁNSITO POR ASCENSOR	ATRAPAMIENTO AL INTERIOR DEL ASCENSOR		1. PRESIONAR LOS PULSADORES DE EMERGENCIAS EN CASO SUCEDA ALGUNA EVENTUALIDAD.		SI				24	No				25	No

PREPARACIÓN DE USO DE EQUIPOS DE SILLAS	MANIPULACIÓN DE HERRAMIENTAS. SUPERFICIES CORTANTES O PUNTIAGUDAS. OBJETOS Y MATERIALES EN ALTURA.	CORTE, CAÍDA DE OBJETOS AL MISMO O DISTINTO NIVEL, GOLPES, CONTUSIONES.	1. INSPECCIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO ANTES DE INICIAR SU ACTIVIDAD. 2. LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO (ATS, PETS Y COMPLEMENTOS). 3. USO DE EPP'S., PROPORCIONAR GUANTES CON RECUBRIMIENTO DE NITRILO U OTROS DE CARACTERÍSTICAS SIMILARES., PROPORCIONAR ROPA/ UNIFORME DE TRABAJO QUE CUBRA LA MAYOR PARTE DEL CUERPO Y A LA MEDIDA DEL TRABAJADOR. ASÍ COMO CASCO, LENTES, MASCARILLA Y/O RESPIRADORES, GUANTES.. CHARLA DE 5 MINUTOS, SOBRE ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA, PRIMEROS AUXILIOS.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI	18	No	25	No
	MOVIMIENTO REPETITIVOS / SOBRE ESFUERZO FÍSICO	LESIONES MUSCOLO-ESQUELETICA (DOLORES DE ESPALDA, LESIONES EN LAS MANOS )	1. ADOPTAR POSTURAS ADECUADAS PARA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD. 2. REALIZAR LA ACTIVIDAD ENTRE DOS PERSONAS. 3. IMPLEMENTAR GIMNASIA OCUPACIONAL O ESTIRAMIENTO DE LOS MÚSCULOS PARA EVITAR LESIÓN.	APRUEBAN LA NORMA BÁSICA DE ERGONOMIA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO / LEY N° 27711 . RESOLUCIÓN MINISTERIAL 375- 2008 TR	SI	18	No	25	No
	FALTA DE ORDEN Y LIMPIEZA.	CAÍDA DE OBJETOS/PERSONAS A MISMO O DISTINTO NIVEL (CONTUSIONES, CORTE, TRAUMATISMOS, DISTRACCIÓN.	1. USO DE EPP'S., PROPORCIONAR ROPA/ UNIFORME DE TRABAJO QUE CUBRA LA MAYOR PARTE DEL CUERPO Y A LA MEDIDA DEL TRABAJADOR. ASÍ COMO CASCO, LENTES, MASCARILLA Y/O RESPIRADORES, GUANTES, ZAPATO CON PUNTA DE SEGURIDAD. 2. INSPECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO PARA LA INSTALACION DE LOS PUNTOS DE ANCLAJE. 3. CHARLA DE 5 MINUTOS SOBRE LA SALUD E HIGIENE EN EL TRABAJO. 4. CHARLA DE 5 MINUTOS, SOBRE ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA, PRIMEROS AUXILIOS.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.	SI	18	No	25	No
	EXPOSICIÓN A LOS RAYOS SOLARES Y CAMBIOS CLIMÁTICOS LLOVIZNAS	DESHIDRATACIÓN DERMATITIS A LA PIEL. INFLAMACIÓN OCULAR. CAÍDAS A DISTINTO NIVEL.	1. UTILIZACION DE BLOQUEADOR AL 50% 3M., 2.ELABORACION DE FORMATOS DE SEGURIDAD ATS, 3. ESTANDARIZACION DE EPP'S., PROPORCIONAR ROPA/ UNIFORME DE TRABAJO QUE CUBRA LA MAYOR PARTE DEL CUERPO Y A LA MEDIDA DEL TRABAJADOR. 4. SUSPENDER LA ACTIVIDAD EN CASO DE LLOVIZNAS Y/O VIENTOS FUERTES.	LEY N° 30102 LEY QUE DISPONE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA LOS EFECTOS NOCIVOS PARA LA SALUD POR LA EXPOSICIÓN PROLONGADA A LA RADIACIÓN SOLAR	SI	22	No	25	No

DESCENSO PARA TRABAJOS EN FACHADA

INSTALACION DE VIDRIOS EN FACHADAS

EXPOSICIÓN AL POLVO MATERIAL PARTICULADO	INHALACIÓN DE POLVO AFECCIÓN DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS MUCOSAS		1. EL ÁREA SE ENCUENTRA EN LA AZOTEA EXISTE CORRIENTE DE AIRE Y VENTILACIÓN. 2.USOS DE LENTES O DE SER NECESARIO RESPIRADORES DE BAJO MANTENIMIENTO, 3.LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO DE SEGURIDAD ATS, PTAR.		SI				21	No			25	No
MOVIMIENTOS REPETITIVOS. EN CUELLO, HOMBROS, CODOS, MUÑECAS, MANOS. SOBRESFUERZO FÍSICO.	ALTERACIONES OSTEOMUSCULARES, LESIONES Y TRASTORNOS MÚSCULO ESQUELÉTICAS. (DOLORS DE ESPALDA, LESIONES EN LAS MANOS, TENDINITIS EN MIEMBRO SUPERIOR, LUMBALGIA Y AFINES)		1. LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO DE SEGURIDAD ATS, PTAR. 2. ESTANDARIZACIÓN DE EPP'S (ARNES, ZAPATOS, GUANTES, LENTES Y CASCO), PROPORCIONAR EQUIPO SILLA CERTIFICADA Y A LA MEDIDA DEL TRABAJADOR. 3. PROPORCIONAR HERRAMIENTAS QUE NO GENEREN RIESGOS ERGONÓMICOS.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI		13			No			18	No
TRABAJOS EN ALTURA	CAÍDA DE OBJETOS/ PERSONAS A MISMO O DISTINTO NIVEL (CONTUSIONES, CORTE, TRAUMATISMOS, INCAPACIDAD LABORAL TEMPORAL O PERMANENTE, MUERTE), DISTRACCIÓN. MAREOS O LIPOTIMIA POR EXCESO DE UNA SOLA POSICIÓN DEL COLABORADOR DE ALTURA		1. UTILIZAR UNA LÍNEA ADICIONAL COMO LINEA DE RESTRICCIÓN PARA LOS TRABAJOS. 2. INSTALACION DE MALLA O CINTAS DE SEGURIDAD Y ACORDONAMIENTO DEL ÁREA SUPERIOR ZONA DE TRABAJO. 3. DESIGNAR UN ÁREA DE EQUIPOS DE PRIMERA RESPUESTA 4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL BÁSICO, ARNES INTEGRAL, ASAP ABSORBER, CERTIFICADO. 5. LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO (ATS, PETS Y COMPLEMENTOS) 6. VERIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA EL TRABAJO EN ALTURA.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI		5			SI		12		No
MANIPULACIÓN DE HERRAMIENTAS. SUPERFICIES CORTANTES OBJETOS Y MATERIALES EN ALTURA.	CORTE, CAÍDA DE OBJETOS AL MISMO O DISTINTO NIVEL, GOLPES, CONTUSIONES		1. SUJETAR LAS HERRAMIENTAS CON LAS CUERDAS DE NYLON PARA EVITAR SU CAÍDA. 2. CHARLA DE 5 MINUTOS, SOBRE MANIPULACIÓN CORRECTA DE HERRAMIENTAS. 3. LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO (ATS, PETS Y COMPLEMENTOS) 4. HERRAMIENTAS. SEÑALIZACIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO. CON CINTA O CONOS DE SEGURIDAD.		SI				21	No			25	No
MANIPULACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS	INHALACIÓN, CONTACTO CON LA PIEL, CONTACTO CON LOS OJOS, INGESTIÓN		1. MSDS EN EL ÁREA DE TRABAJO. 2. CAPACITACIÓN EN USO DE PRODUCTOS QUÍMICO., 3. USO DE RESPIRADOR CON SUS CARTUCHOS EN LA DILUCIÓN, GUANTES, LENTES.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI				21	No			25	No



TRABAJOS EN ALTURA	CAÍDA DE OBJETOS/ PERSONAS A MISMO O DISTINTO NIVEL (CONTUSIONES, CORTE, TRAUMATISMOS, INCAPACIDAD LABORAL TEMPORAL O PERMANENTE, MUERTE), DISTRACCIÓN. MAREOS O LIPOTIMIA POR EXCESO DE UNA SOLA POSICIÓN DEL COLABORADOR DE ALTURA		1.- .INSPECCIONAR EL ANDAMIO ANTES DE SU USO, LLENADO DE CHECK LIST. 2. VERIFICACIÓN DE LA TARJETA DE USO DEL ANDAMIO. 3. USAR EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL BÁSICO, ARNES INTEGRAL, ASAP ABSORBER, CERTIFICADO. 5. LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO (ATS, PETS Y COMPLEMENTOS) 6. VERIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA EL TRABAJO EN ALTURA.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI	5			SI		12	No
MANIPULACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS	INHALACIÓN, CONTACTO CON LA PIEL, CONTACTO CON LOS OJOS, INGESTIÓN		1. MSDS EN EL ÁREA DE TRABAJO. 2. CAPACITACIÓN EN USO DE PRODUCTOS QUÍMICO., 3. USO DE RESPIRADOR CON SUS CARTUCHOS EN LA DILUCIÓN, GUANTES, LENTES.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI		21	No			25	No
EXPOSICIÓN A LOS RAYOS SOLARES Y CAMBIOS CLIMÁTICOS LLOVIZNAS	DESHIDRATACIÓN DERMATITIS A LA PIEL INFLAMACIÓN OCULAR		1. UTILIZACION DE BLOQUEADOR AL 50% 3M, DE SER FACTIBLE SE DESARROLLARA LOS TRABAJOS EN HORARIO DIURNOS TEMPRANOS PARA EVITAR LA EXPOSICIÓN A LOS RAYOS SOLARES, 2.ELABORACION DE FORMATOS DE SEGURIDAD ATS, 3. ESTANDARIZACIÓN DE EPP'S, PROPORCIONAR ROPA/ UNIFORME DE TRABAJO QUE CUBRA LA MAYOR PARTE DEL CUERPO Y A LA MEDIDA DEL TRABAJADOR. 4. PAUSAS PERIÓDICAS AL FINALIZAR CADA LIMPIEZA.	LEY Nº 30102 LEY QUE DISPONE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA LOS EFECTOS NOCIVOS PARA LA SALUD POR LA EXPOSICIÓN PROLONGADA A LA RADIACIÓN SOLAR	SI		22	No			25	No
MOVIMIENTOS REPETITIVOS. SOBRESFUERZO FÍSICO.	ALTERACIONES OSTEOMUSCULARES, LESIONES Y TRASTORNOS MÚSCULO ESQUELÉTICAS. (DOLORES DE ESPALDA, LESIONES EN LAS MANOS, TENDINITIS EN MIEMBRO SUPERIOR, LUMBALGIA Y AFINES).		1. LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO DE SEGURIDAD ATS. PTAR. 2. ESTANDARIZACIÓN DE EPP'S (ARNES, ZAPATOS, GUANTES, LENTES Y CASCO), PROPORCIONAR 3. PROPORCIONAR HERRAMIENTAS QUE NO GENEREN RIESGOS ERGONOMÍCOS. 4. NO CARGAR MAS DE 25 KG DE PESO.	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI		18	No			25	No

USO DE EXTENSIONES TELESCÓPICAS EN ALTURA

EXTENSIONES TELESCÓPICAS EN ALTURA

MANIPULACIÓN DE HERRAMIENTAS. SUPERFICIES CORTANTES OBJETOS Y MATERIALES EN ALTURA.	CORTE, CAÍDA DE OBJETOS AL MISMO O DISTINTO NIVEL, GOLPES, CONTUSIONES		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SUJETAR LAS HERRAMIENTAS CON LAS CUERDAS DE NYLON PARA EVITAR SU CAÍDA.</li> <li>2. CHARLA DE 5 MINUTOS, SOBRE MANIPULACIÓN CORRECTA DE HERRAMIENTAS.</li> <li>3. LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO (ATS, PETS Y COMPLEMENTOS)</li> <li>4. SEÑALIZACIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO. CON CINTA O CONOS DE SEGURIDAD.</li> <li>5. USO DE EPP GUANTES, ZAPATOS PUNTA DE ACERO.</li> </ol>		SI				21	No				25	No
TRABAJOS EN ALTURA	CAÍDA DE OBJETOS/ PERSONAS A MISMO O DISTINTO NIVEL (CONTUSIONES, CORTE, TRAUMATISMOS, INCAPACIDAD LABORAL TEMPORAL O PERMANENTE, MUERTE), DISTRACCIÓN. MAREOS O LIPOTIMIA POR EXCESO DE UNA SOLA POSICIÓN DEL COLABORADOR DE ALTURA		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. INSPECCIONAR EL ANDAMIO ANTES DE SU USO, LLENADO DE CHECK LIST.</li> <li>2. VERIFICACIÓN DE LA TARJETA DE USO DEL ANDAMIO.</li> <li>3. USAR EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL BÁSICO, ARNES INTEGRAL, ASAP ABSORBER, CERTIFICADO.</li> <li>5. LLENADO DE FORMATOS PREVIOS AL TRABAJO (ATS, PETS Y COMPLEMENTOS)</li> <li>6. VERIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA EL TRABAJO EN ALTURA.</li> </ol>	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI		5			SI			12		No
MANIPULACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS	INHALACIÓN, CONTACTO CON LA PIEL, CONTACTO CON LOS OJOS, INGESTIÓN		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MSDS EN EL ÁREA DE TRABAJO.</li> <li>2. CAPACITACIÓN EN USO DE PRODUCTOS QUÍMICO.</li> <li>3. USO DE RESPIRADOR CON SUS CARTUCHOS, GUANTES, LENTES.</li> </ol>	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI			12		No				25	No
CABLES EXPUESTOS	CAÍDAS AL MISMO NIVEL / DISTINTO NIVEL / GOLPES CONTUSIONES		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. EL RETIRO DEL PERSONAL SE REALIZARA POR LA PARTE INTERNA DE LA ESCALERA SUJETÁNDOSE DE LAS BARANDAS LATERALES.</li> <li>2. EL MATERIAL SERÁ TRASLADADO EN CAJAS BALKER CON RUEDAS Y TODO EL MATERIAL ASEGUADO.</li> <li>3. ELABORACION DE GUÍA DE REMISIÓN.</li> <li>4. EL TRASLADO DE HERRAMIENTAS EN CAJA SE DEBERÁ DE REALIZAR ENTRE DOS PERSONAS PARA MINIMIZAR EL PESO DE TRASLADO.</li> </ol>	LEY 29783 / LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / DS. N.005 TR 2012 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO / NORMA G 050	SI				24	No				25	No



**ANEXO III: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

---

Fecha de emisión: 2018-04-03  
*Issue date*

**SOLICITANTE :** C & D HIGIENISTAS OCUPACIONALES E.I.R.L.  
*Applicant*  
**Dirección :** AV.SEPARADORA INDUSTRIAL NRO.2616 DPTO 501 URB. SANTA RAQUEL ET.DOS LIMA - LIMA - LA MOLINA  
*Address*

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** TERMOMETRO DIGITAL (MONITOR DE ESTRÉS TÉRMICO)  
*Measuring Instrument* **DIGITAL THERMOMETER (HEAT STRESS MONITOR)**  
**Marca :** 3M **Serie:** TPN090052 **Resolución :** 0.1 °C / 0.1 % H.R.  
*Brand* **Serial** **Resolution**  
**Modelo :** Quest Temp 32 **Procedencia:** U.S.A  
*Model* **Made in**

**FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN** Calibrado el día 2018 -04- 03 en Unimetro SAC.  
*Date and place of calibration* **Calibration day 2018-04-03 in the Unimetro SAC.**

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
*Calibration method*  
**Método de comparación directa según PC-017 "Procedimiento para la calibración de Termómetros Digitales" del SNM-INDECOPI**  
*Direct comparison method according to PC-017 "Calibration Procedure for Digital Thermometers" SNM-INDECOPI*

**INSTRUMENTOS /EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD**  
*Instruments / Measuring equipment and traceability*

Se utilizó un termómetro digital con Certificado de Calibración N° LT-350-2017  
 Was used a thermometer digital Calibration Certificate No. LT-350-2017



**RESULTADOS**  
*Results*  
 Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento  
*The results are shown on page 02 of this document*  
 La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%  
*The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor k = 2 for a confidence level of 95%*

**CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**  
*Calibrations conditions*

	Temperatura Ambiente <i>Environment temperature</i>	Humedad Relativa <i>Relative humidity</i>	Presión Atmosférica <i>Atmospheric pressure</i>
INICIAL <i>Initial</i>	21,2 °C	58 %	1010 mbar
FINAL <i>Final</i>	21,1 °C	59 %	1009 mbar

**OBSERVACIONES**  
*Observations*  
 Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.  
*The results are the average of 10 measurements.*  
 Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.  
*Place a label indicating calibration date and certificate number.*  
 La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.  
*The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instrument.*

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

Unimetro SAC. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

*The results are only valid certificate for the calibration object and refer to the time and conditions under which the measurements were made and should not be used as a certificate of conformity with product standards.*

*Users are advised to recalibrate the instrument at appropriate intervals, which should be chosen based on the characteristics of the work performed, the maintenance, conservation and use of instrument time.*

*Unimetro SAC. is not responsible for damages that may result from improper use of this instrument or of an incorrect interpretation of calibration results reported here.*

*This calibration certificate traceable to national or international standards, which made the units according to the International System of Units (SI).*



**Ing. Moises Inga Chucos**  
**Gerente General**  
**REG. CIP N° 137294**

Fecha de emisión: 2018-04-03

Issue date

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

CALIBRATION RESULTS

9.1-BULBO SECO

DRY BULB

TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA CONVENTIONALLY TRUE TEMPERATURE (°C)	INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO INDICATION OF THE THERMOMETER (°C)	CORRECCIÓN CORRECTION (°C)	INCERTIDUMBRE UNCERTAINTY (°C)
31,90	31,70	0,20	0,57
38,20	37,90	0,30	0,57
58,20	57,70	0,50	0,57
88,60	88,00	0,60	0,57

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro+ Corrección  
Conventionally Temperature True (CTT) = Display Thermometer + Correction

9.2-BULBO HÚMEDO

WET BULB

TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA CONVENTIONALLY TRUE TEMPERATURE (°C)	INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO INDICATION OF THE THERMOMETER (°C)	CORRECCIÓN CORRECTION (°C)	INCERTIDUMBRE UNCERTAINTY (°C)
32,40	32,70	-0,30	0,00
39,10	39,50	-0,40	0,57
59,70	60,10	-0,40	0,57
88,92	89,50	-0,58	0,57

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro+ Corrección  
Conventionally Temperature True (CTT) = Display Thermometer + Correction



9.3-SENSOR GLOBO

SENSOR GLOBE

TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA CONVENTIONALLY TRUE TEMPERATURE (°C)	INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO INDICATION OF THE THERMOMETER (°C)	CORRECCIÓN CORRECTION (°C)	INCERTIDUMBRE UNCERTAINTY (°C)
33,50	34,20	-0,70	0,57
43,60	44,90	-1,30	0,57
60,20	61,60	-1,40	0,57
90,10	91,50	-1,40	0,57

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro+ Corrección  
Conventionally Temperature True (CTT) = Display Thermometer + Correction

9.4-SENSOR HUMEDAD RELATIVA

SENSOR HUMIDITY RELATIVE

HUMEDAD RELATIVA CONVENCIONALMENTE VERDADERA CONVENTIONALLY TRUE RELATIVE HUMIDITY (%)	INDICACIÓN DEL HIGROMETRO INDICATION OF THE HYGROMETER (%)	CORRECCIÓN CORRECTION (%)	INCERTIDUMBRE UNCERTAINTY (%)
41,90	1,10	40,80	1,00
58,00	1,20	56,80	1,00
89,80	1,40	88,40	1,00

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección  
Conventionally True Relative Humidity (HRCV) = Hygrometer Indication + Correction

(FIN DEL DOCUMENTO)

(END OF DOCUMENT)

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### CALIBRATION CERTIFICATE

CC-IN-0524-18

Fecha de emisión: 2018-10-22  
Issue date

1. SOLICITANTE : C&D HIGIENISTAS OCUPACIONALES E.I.R.L.  
Applicant  
Dirección : AV.SEPARADORA INDUSTRIAL NRO.2616 DPTO 501 URB. SANTA RAQUEL  
Address : ET.DOS LIMA - LIMA - LA MOLINA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMO - HIGRO - ANEMÓMETRO  
Measuring Instrument : Thermo-Hygro - Anemometer  
Marca : Laserliner Serie: MBEE 0 39695  
Brand Serial  
Modelo : 082.140A Procedencia: ALEMANIA  
Model Made in

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN : Calibrado el día 2018 -10- 22 en Unimetro SAC.  
Date and place of calibration : Calibration day 2018-10-22 in Unimetro SAC.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN :  
Calibration method :  
Método de comparación directa según el "CUP ANEMOMETER CALIBRATION PROCEDURE" del Network of European Measuring Institutes.  
Direct comparison method according to "CUP ANEMOMETER CALIBRATION PROCEDURE" del Network of European Measuring Institutes.

5. INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD :  
Instruments / Measuring equipment and traceability

Se utilizó un termoanemómetro con Número de certificado: 5168-1257702.  
Was used a thermoanemometer with certificate number: 5168-1257702.



RESULTADOS :  
Results

Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento  
The results are shown on page 02 of this document  
La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%  
The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor k = 2 for a confidence level of 95%

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN :  
Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	20,3 °C	70 %	1011 mbar
FINAL Final	20,4 °C	71 %	1011 mbar

OBSERVACIONES :  
Observations

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.  
The results are the average of 10 measurements.  
Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.  
Place a label indicating calibration date and certificate number.  
La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.  
The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instrument.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

Unimetro SAC. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

The results are only valid certificate for the calibration object and refer to the time and conditions under which the measurements were made and should not be used as a certificate of conformity with product standards.

Users are advised to recalibrate the instrument at appropriate intervals, which should be chosen based on the characteristics of the work performed, the maintenance, conservation and use of instrument time.

Unimetro SAC. is not responsible for damages that may result from improper use of this instrument or of an incorrect interpretation of calibration results reported here.

This calibration certificate traceable to national or international standards, which made the units according to the international System of Units (SI).



Ing. Moises Inga Chucos  
Gerente General  
REG. CIP N° 137294

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRATION CERTIFICATE

CC-IN-0524-18

Fecha de emisión: 2018-10-22

Issue date

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**
**CALIBRATION RESULTS**
**9.1- SENSOR TEMPERATURA  
TEMPERATURE SENSOR**

VALOR NOMINAL NOMINAL VALUE (°C)	VALOR ENCONTRADO VALUE FOUND (°C)	ERROR ERROR (°C)	INCERTIDUMBRE UNCERTAINTY (°C)
18,30	18,5	0,20	0,57
25,60	26,0	0,40	0,57
29,60	29,9	0,30	0,57

**9.2- SENSOR DE FLUJO  
FLOW SENSOR**

VALOR NOMINAL NOMINAL VALUE (m/s)	VALOR ENCONTRADO VALUE FOUND (m/s)	ERROR ERROR (m/s)	INCERTIDUMBRE UNCERTAINTY (m/s)
1,40	1,8	0,40	0,02
8,00	8,6	0,64	0,02
15,00	15,6	0,56	0,02
20,00	20,3	0,30	0,02


**9.3- SENSOR HUMEDAD  
HUMIDITY SENSOR**

VALOR NOMINAL NOMINAL VALUE (% H.R.)	VALOR ENCONTRADO VALUE FOUND (% H.R.)	ERROR ERROR (% H.R.)	INCERTIDUMBRE UNCERTAINTY (% H.R.)
40,00	41,8	1,8	2,8
60,00	62,3	2,3	2,8
86,00	88,1	2,1	2,8

 (FIN DEL DOCUMENTO)  
(END OF DOCUMENT)

**ANEXO IV: CLASIFICACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE ACUERDO CON EL INDICE DE MASA CORPORAL (IMC)**

<b>Clasificación del IMC</b>	
<b>Insuficiencia ponderal</b>	<b>&lt; 18.5</b>
<b>Intervalo normal</b>	<b>18.5 – 24.9</b>
<b>Sobrepeso</b>	<b>≥ 25</b>
<b>Obesidad</b>	<b>≥30.0</b>
<b>Obesidad de clase I</b>	<b>30.0 – 34.9</b>
<b>Obesidad de clase II</b>	<b>35.0 – 39.9</b>
<b>Obesidad de clase III</b>	<b>≥40.0</b>

**ANEXO V: INDICE DE MASA CORPORAL DE PUESTOS EVALUADOS**

<b>N°</b>	<b>Área</b>	<b>Lugar</b>	<b>Puesto de Trabajo</b>	<b>Talla (m)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Índice de Masa Corporal (IMC)</b>	<b>Clasificación del IMC</b>
1	<b>Operaciones</b>	<b>Sótano – Azotea (en sombra)</b>	<b>Almacenero</b>	1.75	78	25.4	Sobrepeso
2		<b>Techo del Edificio</b>	<b>Instalador de Anclaje</b>	1.68	70	24.8	Intervalo Normal
3		<b>Fachada principal</b>	<b>Técnico de Acceso por cuerdas</b>	1.67	66	23.7	Intervalo Normal