

TEMPERATURAS EXTREMAS EN EL AMBITO OCUPACIONAL

**VÍCTOR HUGO BARAJAS DÍAZ
LUIS EDUARDO MONTENEGRO REYES
ERIKA MARÍA PERDOMO AVILÉS**

**UNIVERSIDAD CES
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE SALUD PÚBLICA
MEDELLIN
2013**

TEMPERATURAS EXTREMAS EN EL AMBITO OCUPACIONAL

**VÍCTOR HUGO BARAJAS DÍAZ
LUIS EDUARDO MONTENEGRO REYES
ERIKA MARÍA PERDOMO AVILÉS**

**TRABAJO PARA ACCEDER AL GRADO DE ESPECIALISTA DE SALUD
OCUPACIONAL SOLO PARA MÉDICOS**

ASESOR

**GUSTAVO ADOLFO PALACIO. QUÍMICO
PROFESOR FACULTAD DE SALUD PÚBLICA**

**UNIVERSIDAD CES
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE SALUD PÚBLICA
MEDELLIN
2013**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
3. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	15
3.1 EPIDEMIOLOGIA	15
3.2 DEFINICION DE TEMPERATURA	15
3.3 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFECTIVA	17
3.4 TEMPERATURA OPERATIVA	18
3.5 HUMEDAD	18
3.6 ZONA DE CONFORMIDAD TERMICA	18
3.7 AISLAMIENTO TERMICO DEL VESTIDO	20
3.8 ESTRÉS TÉRMICO	20
3.9 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS A TEMPERATURAS EXTREMAS	20
3.10 BALANCE TERMICO HUMANO	23
3.11 FISIOPATOLOGIA DE LOS EFECTOS DE TEMPERTURAS EXTREMAS	27
3.12 VARIABLES QUE AFECTAN AMBIENTES TERMICOS	35

3.13 INDICES DE EVALUACION TÉRMICA	37
3.13.1 Índice de temperatura efectiva	37
3.13.2 Índice PMV, PPD y norma ISO 7730	38
3.13.3 Índice WGBT (Temperatura del Globo Bulbo Húmedo)	39
3.13.3.1 Estimación del índice WGBT	40
3.13.3.2 Limitaciones del índice WGBT	41
3.13.4 Índice de estrés térmico	41
3.14 CONSUMO METABOLICO HUMANO	42
3.15 CRITERIOS DE VALORACION DE TEMPERATURAS EXTREMAS	45
3.15.1 Valores límites permisibles (TLVs)	45
3.16 AISLAMIENTO TERMICO DEL VESTIDO	46
3.17 MEDIDAS DE CONTROL OCUPACIONAL EN TEMPERATURAS EXTREMAS	47
3.17.1 Medidas de control en ambientes ocupacionales	47
3.17.1.1 Medidas de eliminación	48
3.17.1.2 Métodos de sustitución	49
3.17.1.3 Controles de ingeniería	49
3.17.1.4 Controles administrativos	50
3.17.1.5 Señalización	52
3.17.1.6 Equipos de protección personal	53
3.17.2 Medidas de control en ambientes fríos	53
3.17.2.1 Medidas de eliminación	54
3.17.2.2 Métodos de sustitución	54
3.17.2.3 Controles de ingeniería	54
3.17.2.4 Controles administrativos	54
3.17.2.5 Señalización	54
3.17.2.6 Equipos de protección personal	55
3.18 NORMATIVIDAD EN EL MEDIO	57
4. METODOLOGIA	58
4.1 TIPO DE ESTUDIO	58
4.2 POBLACION DE REFERENCIA	58
4.3 VARIABLES PRELIMINARES	59
5. CONCLUSIONES	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Categorías de ambiente térmico. Índices PMV y PPD	38
Tabla 2. Categorías de ambientes térmicos PD debidas a incomodidad local	38
Tabla 3. Factores de Corrección al índice WGBT promedio	40
Tabla 4. Categorías Tasa Metabólica y la tasa metabólica representativa con ejemplos de actividades	44
Tabla 5. Criterios de selección de TLV y límites de acción a la exposición del estrés térmico.	46
Tabla 6. Límites Máximos Diarios de tiempo para exposición a temperaturas bajas	47
Tabla 7. Factor de ajuste del vestido al índice WGBT	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Gráfica de Zona de Conformidad Térmica	19
Figura 2. Equipo Computarizado para Medición de Calor	40
Figura 3. Diagrama de flujo para el control del trabajo en ambientes calurosos	52

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

Los trabajos en temperaturas extremas frío y calor, son parte importante el desarrollo industrial, el intercambio térmico entre el hombre y el ambiente crea en muchos casos malestar y con menor frecuencia un riesgo para la salud, especialmente , cuando se desconocen las variables de atenuación y controles que existen para mejorar los ambientes laborales, se quiso entonces crear una herramienta de fácil entendimiento y manejo, unificando términos y recomendaciones en temperaturas extremas, con el fin de poder brindar orientación general y completa en frío y calor, a profesionales de salud ocupacional, en un tema poco conocido para muchos, pero necesario para el desarrollo de la industria en general y de estricto control ocupacional, finalmente se realizó una revisión de literatura existente y teniendo como producto, un texto con una serie de capítulos que orientan al lector aun fácil y completo entendimiento.

Salud ocupacional, estrés térmico, exposición ocupacional a altas temperaturas. Calor. Hipertermia. Coma. Termorregulación. Enfriamiento. Ventilación. Confort térmico, calidad del aire interior, frío, ocupacional, NIOSH, TLV, índice WGTB.

The work in extreme hot and cold temperatures, are important industrial development, the heat exchange between man and the environment often creates discomfort and less frequently a risk to health, especially when variables are unknown attenuation and controls that exist to improve the work environment, then wanted to create a tool for easy understanding and management, unifying terms and recommendations in extreme temperatures, in order to provide general guidance and complete hot and cold, occupational health professionals, in a little-known for to many, but necessary for the development of the industry in general and strict control occupational finally conducted a review of existing literature and as result, we have, a text with a series of chapters that guide the reader even easier and complete understanding.

Occupational health, heat stress, thermal comfort, occupational exposure to high temperatures. Heat. Hyperthermia. Coma. Thermorregulation. Cooling, Personalized ventilation; Thermal comfort; Indoor air quality, Cold, Occupational, NIOSH, TLV, WGTB index

INTRODUCCION

Hoy día se reconoce, en el mundo que muchos de los eventos adversos de salud en las poblaciones son causados por un sinnúmero de factores ambientales, y no siempre están bien estudiados y comprendidos los mecanismos y su interrelación. La carga de enfermedad atribuible a la exposición a estos factores no se conoce a ciencia cierta, lo mismo que no se cuenta con métodos adecuados y suficientemente desarrollados para el análisis de estas relaciones, debido fundamentalmente a la complejidad que presenta el problema y a la multitud de variables que intervienen en él.(1)

Aparejado al desarrollo tecnológico han surgido una serie de riesgos en la actividad productiva que en ocasiones han llevado a un deterioro injustificado de la salud, por lo que la Salud Ocupacional es la responsable de velar por el control y la prevención de las enfermedades, los accidentes y las desviaciones de la salud de los trabajadores, así como la promoción de la salud(1).

El mayor valor de la producción de energéticos y combustibles en los modelos económicos actuales ha llevado a que la explotación industrial o artesanal del carbón se incremente notoriamente en las últimas décadas, particularmente en los países en desarrollo. El estudio de la OIT (2) () revela que, de los 35 países estudiados, todos en desarrollo, situados en África, América Latina, el Caribe y Asia, 21 experimentan un crecimiento en el sector de la minería en pequeña escala y solo en dos países estudiados hubo una reducción. La mayoría presenta un crecimiento de esta actividad del orden de 10 a 20% a partir de 1993. En Colombia, la minería pasó de representar el 8% del PIB en 1990 al 34% en 2004. (3) La revisión y compilación en esta área específica, aunado a la economía colombiana considerada en crecimiento, en donde se ha evidenciado la presencia del boom minero y petrolero que se encuentran expuestas a este tipo de riesgos ocupacionales despierta el interés en realizar este trabajo.

En resumen, los ambientes térmicos requieren estudio, conocimiento y adecuado tratamiento desde la perspectiva de la Seguridad Industrial, debido a los efectos que las altas o bajas temperaturas puedan generar en la persona y en su actividad laboral. Este tipo de ambientes inciden en los índices de productividad, y en la tasa de siniestros(4), debe considerarse además que la exposición a temperaturas extremas se encuentra en el 14º lugar como causal de accidentes de trabajo.

En este documento se presenta la fundamentación teórica para poder enfrentar

este riesgo de manera práctica y concreta, con los elementos básicos de control, con lo cual se puede obtener una herramienta útil para cualquier equipo de salud ocupacional que esté realizando su panorama de riesgos para impactar de manera positiva y real en la salud de los trabajadores con lo que conlleva a una mejor productividad de la empresa. (5)

El calor se pierde por la radiación, la convección y la evaporación, de manera que en condiciones normales de descanso la temperatura del cuerpo se mantiene entre 36.1 y 37.2 grados centígrados. En condiciones de frío, cuando el cuerpo necesita mantener y aun generar calor, el centro termorregulador hace que los vasos sanguíneos se constriñan y la sangre se desplace de la periferia a los órganos internos, produciéndose un color azulado y una disminución de la temperatura en las partes distales del cuerpo. Así mismo se incrementa el ritmo metabólico mediante actividades incontroladas de los músculos, denominadas escalofrío. (6)(7)

Los ambientes laborales con exposición de temperaturas elevadas inciden en los índices de productividad, y en la tasa de siniestros, y debe considerarse además que la exposición a temperaturas extremas se encuentra en el 14º lugar como causal de accidentes de trabajo. (4) Asimismo el lugar de trabajo con factores de riesgo de estrés térmico debe poseer un programa que debe incluir procedimientos para supervisar y educar a los trabajadores, en donde el papel de la prevención es fundamental para minimizar el daño potencia a la integridad del trabajador. (8) Además el rol que desempeña el empleador al capacitar de manera fundamentada personal que supervise de manera exigua un programa de vigilancia epidemiológica en donde se tomen medidas de manera correctiva y reconocer condiciones inseguras en el ambiente laboral. (8)

Pese a existir reglamentos técnicos para control de sobrecarga térmica en centros y puestos de trabajo(9)(10)(11), la mayoría de los trabajadores y empresas los desconocen, esto obedece a la poca difusión que ha en nuestro medio de este tema. Ya que en muchos países industrializados siguen las pautas determinadas por la ACGIH en donde establece los valores límites permisibles para sustancias químicas, agentes físicos e índices biológicos, los cuales deben acatarse de manera precisa, además que el trabajador cuente de toda la información, instrucción y formación con síntomas relacionados con el stress térmico y las precauciones que se deben adoptar para evitar lesiones por estrés térmico.(8) Existen factores en el medio ambiente y en la carga de trabajo para aclimatarse y enfrentar de manera optima las condiciones de calor extremo.

Dentro de las condiciones de trabajo, la temperatura es un factor determinante en el rendimiento de un trabajador y la productividad de la

empresa, las temperaturas extremas ya sean estas altas o bajas repercuten de manera perjudicial no solo para su labor sino para su salud.

Surge entonces la necesidad de revisar y compilar la información bibliográfica disponible relacionada con el funcionamiento y la respuesta corporal en la exposición a temperaturas extremas, buscando con esto ofrecer un capítulo de libro con énfasis en mediciones estandarizadas, elementos y mecanismos de protección, que pueda servir como referente bibliográfico y material de consulta para las personas naturales o empresas que deseen conocer el tema.

1 .PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente se cuenta con poca documentación organizada en nuestro medio acerca del trabajo en temperaturas extremas, sus efectos y medidas protectoras, pese a existir normatividad acerca de los riesgos y los límites legales permisibles, específicamente en el artículo 64 de la Resolución 2400 de 1979(12), en donde se esgrimen ciertas condiciones laborales mínimas en ambientes de trabajo expuestos a este riesgo. Asimismo también se encuentra el Decreto 2090.

La gran mayoría de las empresas y trabajadores desconocen el impacto, los efectos y riesgos, por lo tanto no se aplican medidas de prevención efectivas que tengan como fin minimizarlos y/o eliminarlos.

El ser humano como un ser homeotermo posee los mecanismos compensatorios adecuados para mantener una temperatura interna constante, aun en presencia de cambios rápidos o lentos de la temperatura exterior; ya que si existen pequeños cambios en la temperatura de los tejidos (del orden de 1°C) puede provocar desequilibrios funcionales importantes que pueden comprometer la vida, de tal forma la respuesta del hombre a la temperatura ambiental depende primordialmente de un equilibrio muy complejo entre su nivel de producción de calor y su nivel de pérdida de calor. Dentro de las condiciones de trabajo, la temperatura es un factor determinante en el rendimiento y la productividad.(4)(13)(5)

Es necesario crear y determinar una zona de confort ideal para el ser humano que trabaje en temperaturas extremas. El confort térmico está definido por la American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)(14) como aquella condición de equilibrio entre las sensaciones psíquicas y fisiológicas del ser humano, y su entorno inmediato; también se define como ausencia de irritación o malestar térmico.(6)(7)(15)

En cuanto al aspecto psicológico, la manera de percibir el medio ambiente de las personas está influida por la percepción térmica y del espacio que ocurren en este, considerando características del espacio, la expectativa, la experiencia, el tiempo de exposición, el control de la percepción y la estimulación del mismo ambiente.(15)

Algunos estudios muestran la relación directa entre las temperaturas extremas y condiciones médicas desfavorables para quienes están expuestos. En ejemplo es un estudio de 250 pacientes con cáncer testicular diagnosticado confirmado por patología entre enero de 1977 y junio de 1980 y 250 controles

emparejados por edad de la población se llevó a cabo para investigar los factores de riesgo para el cáncer testicular. Este artículo reporta los resultados de riesgo asociados con la exposición ocupacional al extremo ($\leq 60^\circ \text{F}$ o $\geq 80^\circ \text{F}$), alta ($\geq 80^\circ \text{F}$) y bajo ($\leq 60^\circ \text{F}$). Los resultados sugieren que la exposición ocupacional a temperaturas extremas, baja y alta puede aumentar el riesgo de cáncer testicular, independiente de otros factores de riesgo potenciales. (16)

Con la finalidad de evaluar e investigar acerca de los riesgos laborales y su repercusión en la salud, se hace necesario disponer de una documentación que contenga la mayor cantidad de información posible relacionada con los efectos que genera en la exposición a temperaturas extremas en un ambiente laboral determinado(1).

Todo lo anterior nos abocaría a la pregunta que del trabajo de grado:
“¿Cuál sería la manera más adecuada de presentar la información de forma clara y práctica, con el objetivo de crear un capítulo de libro que sirva de apoyo académico sobre el trabajo con exposición a temperaturas extremas, y que pueda ser usado por el personal que labore en áreas afines a la salud pública, específicamente Salud Ocupacional?”

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una descripción detallada acerca del tema de temperaturas extremas de acuerdo a la información disponible, que permita aportar información útil tanto para el ámbito académico como laboral en la Universidad CES.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estructurar la revisión sistemática de bibliografía de acuerdo a un cronograma que incluya presupuesto y tiempo destinado para cada actividad.
- Consultar exhaustivamente las fuentes de información disponibles en bases de datos digitales, revistas indexadas y literatura impresa.
- Clasificar la bibliografía considerando las fuentes primarias y secundarias, descartando aquellas que no cumplan con calidad metodológica. Hacer lectura crítica de los artículos seleccionados para extraer y recopilar la información relevante.
- Presentar aspectos claves de la fisiología corporal, los efectos de la exposición a temperaturas extremas sobre el organismo, medidas preventivas y herramientas de protección disponibles.
- Describir los efectos que tienen sobre la salud las temperaturas extremas en el ámbito laboral.

3. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

3.1 EPIDEMIOLOGIA

En el mundo actual se reconoce que muchos de los eventos en salud son causados por un sin número de factores ambientales, los cuales no siempre están determinadas sus interrelaciones, por lo tanto la carga de enfermedad atribuida a ellos no es cuantificada en cierta forma, debido fundamentalmente a la complejidad del problema y las múltiples variables que intervienen en él.(1) Sin embargo, es importante establecer que como primera medida, se debe estudiar los problemas de salud relacionados con el trabajo en condiciones de sobrecarga térmica, es menester conocer que las actividades de mayor relevancia asociados a labores que atañen a esta problemática de salud pública son las empresas inmersas en procesos de minería, las siderúrgicas, agricultura y la construcción de carreteras; estas labores pueden poner en riesgo la vida de los trabajadores pues la carga térmica total que soporta el organismo es la suma del calor ambiental y el calor metabólico producto de su actividad laboral.(17) Por lo tanto el estudio epidemiológico de las enfermedades relacionadas con el trabajo puede ser tanto descriptivo como etiológico. La principal función en la Epidemiología Ocupacional es asociar la presencia de morbilidad a exposiciones en el trabajo, es decir, el estudio de la ocurrencia de enfermedades en relación con los determinantes relacionados con el ámbito laboral. Por lo tanto, esta rama se encarga de la relación de ocurrencia entre las enfermedades relacionadas con el trabajo y los factores que determinan su aparición y curso.(18) (19) Adicional a esto, la incidencia relacionada con la presencia de morbilidad secundaria a la exposición de temperaturas extremas en el País no está delimitado en el Ministerio de Trabajo hasta el momento actual.

Para poder comprender los elementos técnicos con que se va a abordar el capítulo de temperaturas extremas en el siguiente compendio, se detalla la explicación de los términos empleados para la toma de decisiones en el ámbito de salud ocupacional.

3.2 DEFINICION DE TEMPERATURA

Propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el calor o frío relativos y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva un aumento de su temperatura mientras no se produzca la fusión o ebullición. En el caso de dos

cuerpos con temperaturas diferentes, el calor fluye del más caliente al más frío, hasta que sus temperaturas sean idénticas y se alcance el equilibrio térmico.(7)

Es importante hacer la diferencia en el caso del calor seco y húmedo, el primero se observa en las siderúrgicas, industria del vidrio y cerámica, mientras que en el segundo se encuentra en lavanderías, tintorerías, textiles y minas. Mientras que en el calor seco la temperatura del aire y la temperatura radiantes son altas, en el calor húmedo el protagonista es la humedad relativa que es mayor que la temperatura radiante, ya que no se pueden soportar temperaturas mayores a 32°C. (5)

Asimismo es significativo hacer la definición de temperatura ambiental ya que en ambientes muy calurosos es responsable de los efectos adversos al organismo humano, la cual es la temperatura experimentada por una persona en un ambiente dado. Esta temperatura es el resultado del intercambio de calor por conducción (a través de pisos o herramientas) y radiación (Muros, plafones, sol).Es importante especificar que es el aire que rodea al cuerpo humano y es representativa de las condiciones del entorno respecto al flujo de calor entre el cuerpo humano y el aire. (5) (7)

Es transcendental para la comprensión de este capítulo hacer algunas definiciones conceptuales que aplican a este documento en donde se determinan algunas características de transferencia de calor, tales como:

- **Conducción:** Es el proceso de transferencia de calor por contacto directo con un objeto. La cantidad de calor que fluye a través de un cuerpo por conducción depende del tiempo, del área a través de la cual fluye, del gradiente de temperatura y de la clase de material. (20)
- **Convección:** Es el intercambio de calor con el aire circundante, si la temperatura del ambiente es menor tiende a enfriar el cuerpo, si es más caliente se incrementa la carga de calor, en este aspecto incide de manera importante la velocidad del aire. El método de las corrientes de convección es uno de los más eficaces de transferencias de calor y se tiene en cuenta para construir un sistema de aislamiento. (20)
- **Evaporación:** Este proceso de liberación del calor se realiza a través de la piel. Asimismo como la temperatura, humedad y la velocidad del aire cambian de igual forma afecta la tasa de transpiración, por lo que en condiciones de humedad muy alta el sudor no se evapora rápidamente pero la velocidad del aire ayuda a incrementar la evaporación, pero si la velocidad es muy caliente y seca puede conducir a fenómenos de deshidratación.
- **Radiación:** Es la transferencia de calor corporal a través del aire o fuente productora de calor como horno o sol, es importante subrayar que se pierde calor si el aire a su alrededor es más fría que el cuerpo. Es el tipo de

transmisión del calor por medio de ondas electromagnéticas de gran magnitud. Este tipo de difusión del calor no requiere ningún material intermedio en el proceso. (20)

3.3 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFECTIVA

Es un índice determinado experimentalmente, que incluye la temperatura, el movimiento del aire y la humedad que producen la misma sensación de frío o de calor que daría un lugar estacionario y saturado a la temperatura indicada. El intervalo normal es desde 18.3° C hasta 22.8°C, con una humedad relativa de 20% a 60%.(5) (7)

Para llegar a entender este concepto, se determina que el sistema termorregulador determina la temperatura de todos los tejidos del organismo. Es evidente, sin embargo que a diferencia de lo que ocurre con las extremidades y los tejidos periféricos del resto del organismo, en los que puede tolerarse oscilaciones de temperatura considerables, en el caso de los tejidos profundos de la cabeza, el cuello y el tronco esas variaciones se mantiene en los límites muy estrechos para no comprometer la eficacia funcional del organismo y de esta forma evitar enfermedades, incapacidades y la muerte. En los casos de exposición diaria y prolongada al calor puede fijarse un límite de temperatura definiendo las condiciones del medio por debajo de las cuales, la temperatura profunda del organismo es principalmente la función de la actividad metabólica y no la expresión de la sobrecarga térmica ambiental. (8)

Estos límites de la temperatura efectiva pueden fijarse para los diferentes ritmos de trabajo empleando las escalas de temperatura efectiva corregida (TEC) que nos permite expresar por un solo valor los diversos factores climáticos del medio. Para mayor explicación lo que se hace es tomar los valores típicos de un grupo numeroso correspondientes a una sola persona. Según estos resultados, los límites ambientales de la TEC parecen ser 30 grados para el trabajo sedentario y ligero (2,6 Kcal/kg/h) 28 grados para trabajo moderado (4,3 Kcal/kg/h) y 26.5 grados para el trabajo intenso (6 Kcal/kg/h). (8)(21)

Estos valores expuestos anteriormente son de trabajadores sin aclimatar o poco aclimatados. Es sabido que la aclimatación influye en estos valores citados de TEC y pueden aumentarse hasta 2 grados para el caso de personas aclimatadas, se recomienda que esos límites críticos de sobrecarga ambiental sea aplicados en la industria. Es valioso tener en cuenta en estos valores los grados de humedad.(8) (21)

Para asimilar el TEC hay que tener en cuenta la zona termal confortable que es el intervalo normal de temperatura efectiva. Se recomiendan temperaturas de 18.8°C y 22.9°C como límites externos para la regulación termostática. Este también se puede expresar de manera subjetiva como el confort térmico, en donde hay manifestación subjetiva de satisfacción con el ambiente térmico existente. (5) (22)(21)

3.4 TEMPERATURA OPERATIVA

Es la temperatura del cuerpo de un trabajador. Se determina por los efectos acumulativos de todas las fuentes y receptores de calor. La medición usual de esta temperatura en trabajos investigativos es a nivel rectal. (22) (7) Pero a nivel ocupacional para sistemas de vigilancia epidemiológica es el canal auditivo o cavidad oral.

3.5 HUMEDAD

Es la medida de concentración de agua o vapor de agua en un sólido, un líquido o un gas. A continuación se presentan los tipos de humedad:

- Humedad Absoluta: Es la masa de agua o vapor de agua por unidad de volumen. En el caso del aire se expresa en g/m³.
- Humedad Específica: Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua y la masa total. En el caso del aire se expresa en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire húmedo.
- Humedad Relativa: Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua que existe en un determinado volumen y la cantidad de agua o vapor de agua necesaria para que se sature dicho volumen a la misma temperatura. Se expresa en porcentaje %. (7)

3.6 ZONA DE CONFORMIDAD TÉRMICA

Para el estudio de temperaturas se ha determinado una zona de confort térmico para áreas donde se realiza trabajo ligero y sedentario durante 8 horas. Este intervalo se encuentra a temperaturas entre los 18.9 °C y 26.1 °C, con una humedad relativa de 20% a 80%. (Ver Figura No. 1) Sin embargo la ropa y la radiación de calor afectan el sentido individual de comodidad dentro de esta zona de conformidad.(22)(7)(23)

Trabajo = sedentario o de ensamble ligero
70-100 W (60-90 kcal/h),

Velocidad del aire = 0.2 m/s (50 pie/min)

Ropa o vestuario = 0.6 clo calor, 1.25 clo frío

No hay calor radiado

 = Zona termal confortable

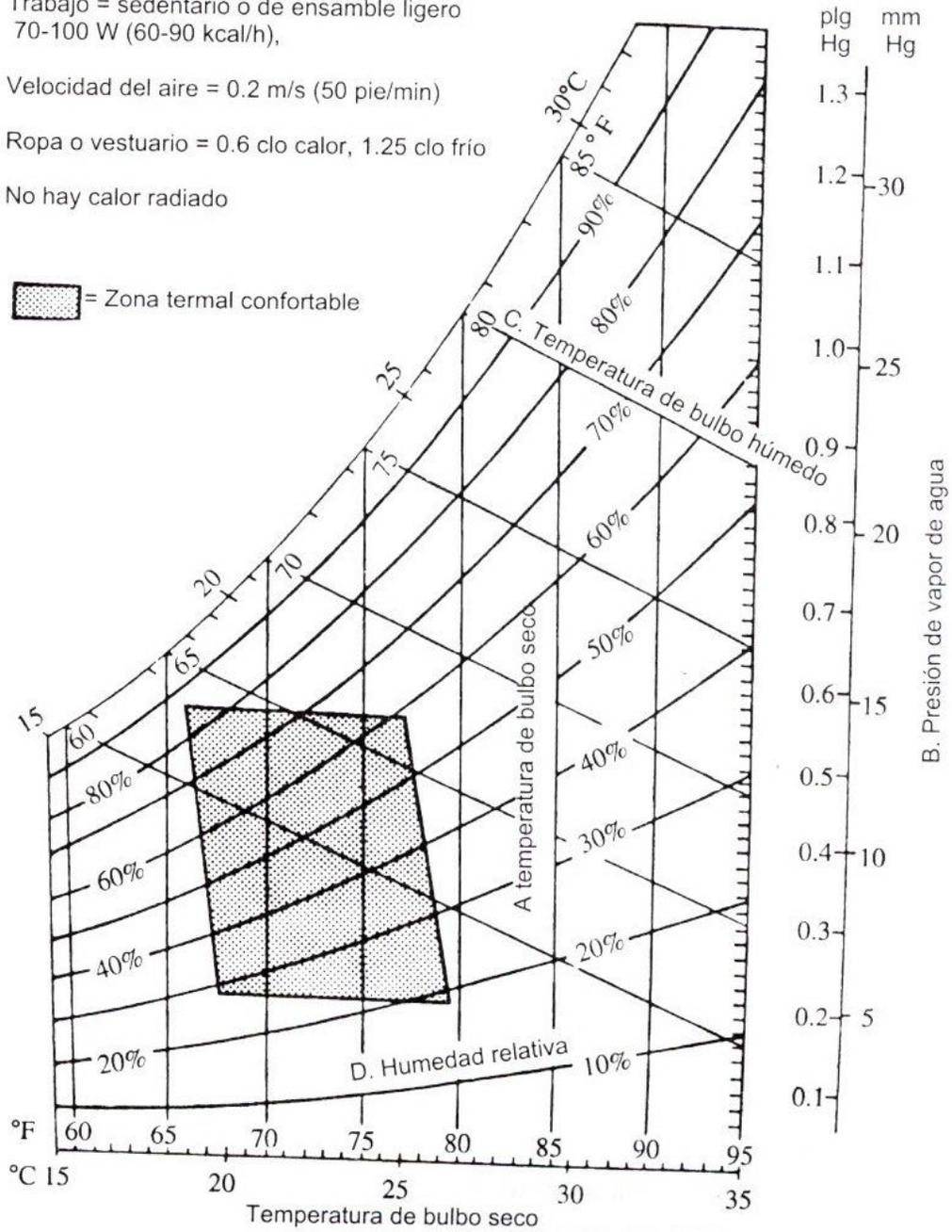


Figura No 1 Gráfica de Zona de Conformidad Térmica (22)

3.7 AISLAMIENTO TERMICO DEL VESTUARIO

Las unidades Clo son una medida de aislamiento proporcionado por la ropa. Se tiene que 1 CLO es igual a 0.16 0C por Watt y por metro cuadrado del área superficial del cuerpo. Para condiciones en las que el trabajador se encuentra bajo determinado rango de temperaturas se puede utilizar ropa protectora que proporcione equilibrio entre la temperatura, la actividad física y el aislamiento de la ropa.(7)(22)

El grado de aislamiento que ofrece una configuración de ropa o elementos aislantes a determinado trabajo representa el grado de CLO es decir, el CLO es una medida de aislamiento térmico.

3.8 ESTRÉS TÉRMICO

Es la presión que se ejerce sobre la persona cuando está expuesta a temperaturas extremas. Aparece debido al factor físico ambiental o al esfuerzo del trabajo que, al no poderse mantener en equilibrio, crea unas condiciones fisiológicas inadecuadas y se produce la tensión psíquica térmica con el riesgo consiguiente al organismo. (24) (7)(21)

3.9 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DEL ORGANISMO A TEMPERATURAS EXTREMAS

Para estudios de temperatura en el ser humano, se asemeja a un cilindro con cubierta que corresponde a la piel, los tejidos superficiales y las extremidades con un núcleo que corresponde a los tejidos más profundos del tronco y la cabeza, las temperaturas del núcleo presentan un intervalo más pequeño alrededor de un valor normal de 37°C y con intervalos de 37.8°C y 38.9°C. El desempeño del cuerpo cae de forma abrupta para temperaturas superiores a 40.6 °C, ya que el mecanismo de sudor puede fallar y causar una elevación súbita del núcleo y con el tiempo la muerte. (25)(26) Entretanto las capas exteriores del cilindro pueden variar en un rango mayor sin que se presenten tantos desequilibrios en el organismo. El exterior actúa como un amortiguador para proteger la temperatura del núcleo. (7)

Desde el punto de vista fisiológico la condición de confort térmico es el estado de equilibrio expresado en el balance térmico el cual representa la pérdida y ganancia de energía del cuerpo humano causada por el proceso químico del metabolismo y el proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos temperatura, humedad, y movimiento del aire. (22) Desde la década de los veinte, Guivoni en 1919 definió la sensación térmica como la percepción de calor frío ,

a partir de actividades neurológicas originadas en los nervios de la piel que actúan como receptores térmicos a su vez la percepción de las condiciones atmosféricas se ve afectada por los procesos fisiológicos, el vestuario, y la actividad de los individuos.(27)(23)

El balance hídrico en el organismo humano es importante para la homeostasis, ya que alrededor del 60% del cuerpo humano está compuesto por agua. Una tercera parte de esta agua está localizada en el espacio extracelular y dos terceras partes se encuentran en el área intracelular; además de cumplir funciones vitales celulares, cumple papel importante para la regulación de la temperatura corporal. (28)

La termorregulación del cuerpo humano es considerada como normal, sin afectaciones externas entre un valor que oscila alrededor de los 37.6 °C, en un intervalo de 36°C a 38°C; no obstante en actividades físicas intensas puede llegar a los 40°C, lo cual, en circunstancias específicas, es necesario para lograr el rendimiento adecuado, además es importante mantener la temperatura interna dentro de los límites de +/- 4 o 5°C.(11)

El hipotálamo monitorea y controla los cambios internos del cuerpo, regula la presión sanguínea y temperatura corporal, por lo que es determinante térmico entre el intercambio del organismo con el ambiente. Desde el punto de vista fisiológico el hipotálamo establece la sensación térmica percibida, a pesar que hay estímulos de tipo psicológico que puedan afectar esta respuesta. El cuerpo humano determina cambios en la temperatura interna a partir de la percepción térmica del espacio exterior y el nivel de actividad metabólica que realiza. La sensación de malestar térmico se refleja en razón que los órganos internos necesitan funcionar a una temperatura mayor de 37°C, a partir de este momento se activan mecanismos termo regulatorios de adaptación conscientes o inconscientes cuya finalidad es mantener la temperatura. (29)(11)

La temperatura media de la piel puede variar, según la vestimenta, condiciones ambientales y la actividad metabólica, esta última es la que establece la capacidad de la piel para ceder calor al ambiente. La temperatura central (órganos profundos del organismo) es el promedio ponderado de las diferentes temperaturas de las partes y órganos del cuerpo. Estas temperaturas pueden variar según la actividad, parte del cuerpo y la hora, ya que oscilan con el ritmo circadiano y se incrementan entre +/- 0.6 °C aproximadamente (una excepción a esta regla es cuando se presenta la fiebre), aun si el individuo es expuesto a temperaturas extremas. (11) (30)

Es importante enfatizar que existen condiciones ambientales en donde alcanzar este equilibrio térmico por tiempo prolongados es inasequible, por lo tanto se puede originar la hipotermia, en donde la temperatura desciende hasta 30°C o la

hipertermia en donde la temperatura ascienda a 41°C, en donde se puede producir la muerte. (8)

La actividad física es importante en la producción de calor (aporta un valor aproximado del 20%), durante una actividad laboral intensa el ritmo metabólico puede aumentar de 20 a 25 veces por encima del nivel basal, que teóricamente pueda aumentar la temperatura interna en un grado centígrado cada cinco minuto (13). Lo anterior genera un intercambio energético con el ambiente que determina a final de cuentas la sensación térmica percibida.(31)

El organismo humano prevé cambios de la temperatura interna a partir de la percepción de la temperatura ambiente, esta lectura se realiza a través de órganos sensoriales dentro de la dermis como son los bulbos de Krause (sensibles a la pérdida de calor) y los órganos de Ruffini (sensibles a la ganancia de calor) (24). La eficiencia mecánica del cuerpo humano es muy limitada, ya que entre el 75% y el 100% de la energía que consume y produce para ejecutar sus actividades se transforma en calor dentro del organismo, dependiendo del tipo de actividad, se debe sumar el calor producido por el estado basal para mantenerse en reposo. (28)

En relación con el mecanismo de sudoración, este tiene la capacidad funcional suficiente para permitir la producción de grandes cantidades de sudor a menudo, sin indicios de gran tensión fisiológica; siempre y cuando que la presión de vapor del medio ambiente sea baja; por el contrario si la presión de vapor es elevada, la tensión fisiológica puede resultar ser excesiva; en muchas circunstancias la sudoración no es la resultante fidedigna de la tensión fisiológica. (17)

La generación continua de calor metabólico no siempre garantiza la temperatura mínima necesaria y para la realización de las actividades físicas en caso de intenso frío, esta se puede constituir en peligro, pero generalmente los ambientes de temperaturas altas son más peligrosos que los fríos, pues resulta más fácil protegerse del frío que del calor. (6)(30)

Asimismo la termorregulación está directamente relacionado con la edad y el tipo de sexo, ya que a menor edad se tiene mejor respuesta de disipación o retención del calor, además que existe el efecto de la proporción del área de piel y su vestimenta. Se han investigado otros factores asociados como la humedad relativa y la iluminación, ya que puede ser afectada por la piel expuesta y protegida de la luz.(27)

3.10 BALANCE TERMICO HUMANO

Esta definición permite estimar la sensación térmica percibida, con base en diferentes variables propuestas en modelos biofísicos basados en leyes de la termodinámica que en este capítulo no se profundizara. En relación con el confort térmico, desde el punto de vista fisiológico, es el estado de equilibrio expresado por el balance térmico, comprendido como la pérdida o ganancia de energía del cuerpo humano causado por el proceso químico del metabolismo y el proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los estímulos externos del clima, además del intercambio térmico que se efectúa de la persona y el espacio donde realiza sus actividades, estos a su vez están influenciados por tres mecanismos físicos de convección, evaporación e irradiación. (32) (24)(33)

La evaluación de la sensación térmica es a menudo una cuestión crucial de la evaluación de ambientes, una sensación térmica depende de la transferencia de calor del medio ambiente que está sujeto a variables subjetivas tales como la tasa metabólica, la ropa y las propiedades termo físicas del ambiente; asimismo en el ambiente interviene cuatro variables a destacar como la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad del aire y la humedad relativa. Por lo que todas estas variables intervienen en el gasto calórico de acuerdo a la exposición ambiental de calor o la ausencia de él. (22)

Cuando el balance térmico genera un valor cero concede una sensación térmica de confort. En caso si genera un balance negativo se considera una sensación térmica de frío; cuando se produce un balance positivo será una sensación térmica de calor. Los mecanismos más importantes en esta interacción térmica entre el cuerpo humano y el ambiente están dados por la convección, radiación y evaporación. Aún cuando su importancia es relativa a cada persona, a su actividad y vestimenta, aproximadamente tienen un peso cada mecanismo: evaporación 30%, convección 30% y respiración 10%. (11). Según Fanger (1972) el balance térmico se estima con la siguiente ecuación: (33)

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm E_{res} - E_d \pm C_{condu} = C_{condu.clo} = A$$

Donde:

- M: Energía calórica producida por el organismo
- W: Trabajo mecánico desarrollado
- R: Intercambio de calor por radiación
- C: Intercambio de calor por convección
- E: Pérdida de calor por evaporación por sudor
- C_{res}: Intercambio de calor por convección respiratoria
- E_{res}: Intercambio de calor por evaporación respiratoria

E_d : Pérdida del calor por difusión del vapor
 C_{condu} : Intercambio de calor por conducción
 $C_{condu.clo}$: Conducción a través del vestido
A: Ganancia o pérdida de calor a través del cuerpo

Cuando se obtiene un valor determinado de A, se pueden inferir las siguientes aproximaciones diagnósticas:

1. Cuando A y E son iguales a cero, se considera equilibrio térmico
2. Cuando A es igual a cero y E es >0 se considera equilibrio térmico, con niveles de confort permisibles
3. $A > 0$, hay desequilibrio por ganancia de calor con tensión calórica.
4. $A < 0$, existe desequilibrio por pérdida por calor con tensión por frío.

En esta ecuación es importante inferir que la vestimenta funciona para evitar la pérdida de calor por el ser humano, por lo tanto la ropa se clasifica según el grado de abrigo, esta se mide en unidades clo. Esta escala esta ideada para que una persona totalmente desnuda posea un valor de 0.0 clo; por lo que se cuenta cada valor clo de cada prenda y totalizar el valor clo de todas las prendas de vestir al evaluar el organismo. (34)

Asimismo la evaporación del sudor es uno de los mecanismos más efectivos para mantener la temperatura interna dentro de valores normales. La cantidad de sudor que se evapora se debe a varios factores tales como la función del trabajo, vestimenta utilizada y la capacidad de sudar de cada persona; generalmente las personas que laboran en ambientes muy calurosos pueden incrementar su capacidad de sudoración con lo cual obtienen un equilibrio térmico para efectuar la tarea. Para actividades moderadas como el trabajo de oficina, profesores, industria ligera, etc., se toma la cantidad de evaporación como menor y se representan como el 25% de las pérdidas de calor. Hay que tener en cuenta que a pesar que la sudoración es un mecanismo fisiológico, esta se encuentra condicionada a otros factores, en especial la humedad y la velocidad del aire. (28)(31)

La exposición humana a las temperaturas extremas actúa de forma diversa, de forma muy compleja en donde afecta toda la fisiología del organismo. El hombre posee una homeostasis en donde equilibra la temperatura corporal a través de mecanismos compensatorios aun cuando cambien las temperaturas térmicas expuestas en el medio ambiente. (5) Cuando se rompe esta homeostasis, el centro regulador de la temperatura ubicado en el cerebro dispone mayor perfusión a órganos vitales internos y produciendo contracciones musculares múltiples (temblar) para proveer más calor, en ambientes calurosos, la perfusión es direccionada hacia la piel con incremento de la transpiración para enfriar el cuerpo. (8) (11) Pero a pesar de ello el ser humano mantiene unas temperaturas críticas en unos órganos especiales como el cerebro, hígado y corazón, los cuales

su afectación aguda o crónica puede poner en peligro la vida o producir secuelas importantes. Es importante enfatizar que el mecanismo de evaporación es vital para prevenir la hipertermia en ambientes laborales con temperaturas mayores del 35°. (24)

Estas relaciones meramente físicas están a su vez influenciadas por dos mecanismos fisiológicos que son los que regulan la función cardiovascular y la sudoración, éstas además de modificar la transmisión del calor desde los tejidos profundos a la periferia, pueden alterar tanto la temperatura como la presión de vapor en la superficie de la piel e influir así rápidamente en los intercambios térmicos entre el organismo y el medio ambiente. En conclusión el metabolismo será siempre positivo, en tanto que es una producción interna de calor. La evaporación representará siempre un factor negativo, en tanto que significa una pérdida de calor desde el cuerpo. La convección será positiva o negativa según las condiciones ambientales del aire. Así mismo la radiación tendrá un efecto positivo o negativo según las temperaturas de las superficies del entorno. (24)(17)

Los gastos normales hídricos diarios de una persona en condiciones normales de reposo oscilan con un valor de 1715 ml. En ciertas condiciones laborales de trabajo y temperatura se tiene una pérdida de sudoración de 1000 ml / hora, pero se admite en un valor máximo de 5 litros por día en una jornada de 8 horas y en algunas excepciones una tasa de 10 litros por día. La pérdida de sudor conlleva a un mecanismo fisiológico de disminuir la diuresis configurándola como una deshidratación parcial y una insuficiencia en el mecanismo de la sed. Si está pérdida no se suple de manera adecuada y eficientemente pueden acarrear consecuencias graves en el balance hidroelectrolítico del organismo. (11) (31)

Los mecanismos centrales y locales que regula la temperatura del tejido en las extremidades, el tronco del cuerpo y la cabeza son vitales para evitar las consecuencias perjudiciales sobre el rendimiento humano de cualquier hipertermia o hipotermia. Ya que cuando se expone a aumento de la temperatura extrema como durante el ejercicio, el calor se transfiere de los músculos a la piel por cercanía, de ahí al tronco y a la cabeza a través de la circulación sanguínea, esto se denomina transferencia del calor por convección vascular, en donde se trata de mantener un rango estrecho en una variedad múltiples de condiciones, en especial en el ámbito ocupacional. (32)(28)

La termorregulación humana responde a estímulos externos al cuerpo pero cuando estos varían de tipo e intensidad constantemente (radiación solar, viento, temperatura y humedad relativa) el decremento gradual de respuesta es menor que cuando el estímulo es casi constante aunque de varios tipos (humedad relativa, temperatura, viento y radiación calórica). Si se genera un decremento gradual del estímulo se llega a un mínimo en donde se logra la aclimatización. (8)

Un ambiente termoestable es relevante para muchos estudios metabólicos humanos, por ende la zona termo neutral se define como el intervalo de temperaturas ambiente sin cambios en la regulación de la producción metabólica de calor o pérdida del mismo por evaporación. Existen múltiples factores que influyen en la neutralidad térmica como la composición del cuerpo, la ropa, el gasto energético, la edad y género.(34) Además es importante colocar de relieve la importancia del stress térmico sobre todo el organismo humano y como un todo afecta su regulación más aún en un ambiente que exige concentración, como es el área ocupacional.(22)

A pesar de las grandes variaciones del medio ambiente, el cuerpo humano mantiene una temperatura interna estrechamente regulada, esta termorregulación eficaz debe equilibrar la interacción entre la superficie de la piel, la ropa y el aire ambiente. El sitio más adecuado para la medición de la temperatura corporal, en trabajos investigativos es el canal auditivo, lo más cercano al tímpano, otra medición frecuente es la temperatura rectal, pero esta última en un ámbito laboral es muy difícil de implementar. Se denomina temperatura corporal a un valor promedio de la temperatura de la masa subyacente por debajo de la piel, excluida las extremidades, que representan entre el 70 al 80% de la masa total. La temperatura superficial varía dentro de rangos muy amplios, ya que la piel actúa como especie de interface entre el núcleo del cuerpo y el ambiente, en condiciones habituales la temperatura promedio de la piel es 3 a 5 grados centígrados menor que la del cuerpo, en ambiente fríos puede decrecer hasta 20 grados centígrados. (5) (35)

En resumen ha resultado difícil establecer una directa relación entre la temperatura corporal y la productividad. Pero se ha determinado que cuando la reducción del agua corporal es menor al 1% de agua corporal total, se reduce la capacidad del trabajo y la tolerancia al calor; cuando esta reducción es igual al 2% aumenta el riesgo de lesiones y disminuye la habilidad del trabajador, si es del rango del 5% entorpece la realización del trabajo y expone al trabajador a situaciones potencialmente peligrosas y por último con una pérdida del 15 al 20% puede sobrevenir la muerte al trabajador.(11) La interpretación de la evidencia disponible es, en parte, obstaculizada por fallas en las mediciones de temperatura corporal y en líneas metodológicas de cada investigación, y también por la falta de consenso en cuanto a las medidas pertinentes. Evidencias recientes indican que tanto en el núcleo y la temperatura de la piel y la relación entre ellos, pueden tener una influencia significativa sobre algunas medidas de desempeño laboral. (28)(21)

Como complemento cuando se investiga exposiciones de personas al calor, estas a menudo muestran resultados muy variados, esta variación puede obedecer simplemente a diferencias del estado fisiológico, la aclimatación, la

edad, la aptitud física, el sexo, la constitución corporal, el origen étnico, y la vestimenta ya que por intimo contacto con la piel modifica la relación entre el organismo y el medio en que se desempeña. (17)

En relación con la influencia de la constitución corporal en la termorregulación corporal , se considera una hipótesis en que la constitución física influye apreciablemente en la capacidad de termorregulación, se fundamenta en estudios y teorías muy sencillas, en donde se ha demostrado que los obesos son más susceptibles a los sincopes de calor que en las personas de menos índice de masa corporal , esto podría explicarse por la menor relación que hay en el obeso entre la superficie cutánea (por la que disipa el calor) y el peso corporal (que guarda relación directa con la producción de calor) y en parte por el mal funcionamiento del aparato circulatorio; además se ha demostrado que los hombres con poca corpulencia pueden experimentar una sobrecarga térmica relativamente mayor al realizar un determinado trabajo ,ya que suelen tener menos capacidad máxima de esfuerzo y utilizan por ello una proporción mayor de esa capacidad para obtener el mismo resultado. (17)(30)

En cuanto a la ropa, es necesario que en los climas cálidos , en donde la carga de calor radiante es baja, lo mejor generalmente es llevar el mínimo de ropa que le permitan las circunstancias; en cambio, cuando la carga de calor radiante es elevada resulta preferible que la ropa proteja todo el cuerpo para asimismo reducir el traspaso de ese calor al organismo. En ambos casos es conveniente usar ropa delgada y confeccionada con materiales de bajo peso, para permitir la circulación de aire entre la prenda y el organismo. Cabe anotar prestar atención a la ropa a personas que laboran en espacios confinados en donde la vestimenta juega un papel importante, ya que debe poseer sistemas de ventilación del aire exterior. (27)

3.11 FISIOPATOLOGIA DE LOS EFECTOS DE TEMPERATURAS EXTREMAS

Una característica del calor es su transferencia, ya que cuando se realiza un gasto energético en el ser humano, una mínima fracción del calor generado se utiliza para mantener la temperatura interna del cuerpo en un valor constante (37 °C), mientras que el resto debe ser disipado al medio ambiente, sin olvidar que el flujo de transferencia del calor viene determinado por las características térmicas del mismo y que el calor fluye de las zonas más cálidas a las más frías. (10)

En ambientes térmicos moderados, el trabajo de termorregulación es mínimo y es suficiente modificar la temperatura de la piel y la secreción del sudor para mantener el equilibrio térmico, de esta manera obteniendo un balance térmico que

en definitiva sería un equilibrio que se determina entre el organismo y el ambiente en el que el calor generado internamente y/o ganado del ambiente es igual a la cantidad de calor cedido al ambiente.(5)

Para poder establecer un marco fisiológico para cualquier organismo adaptarse a temperaturas extremas se da la aclimatización, el cual se establece como un proceso gradual en donde el cuerpo se acostumbra a permanecer en ambientes de temperaturas extremas. Este proceso se desarrolla en los primeros 4 a 6 días de exposición repetida o continua y dura en total dos semanas o un poco más. La aclimatización es relativa, esto quiere decir que las personas están enteramente aclimatadas a sus condiciones de trabajo no lo están a situaciones de mayor sobrecarga térmica. Es importante tener en cuenta que los trastornos de aclimatización suelen sobrevenir durante la primera semana de estancia en un clima caluroso o cuando se reanuda el trabajo en condiciones de calor después de una ausencia de dos o más días. (11)(28)

El riesgo de estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. (36)

Cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles. Por lo tanto las adaptaciones al calor y el frío están relacionadas con modulaciones dadas en el sistema nervioso central es así como la corteza motora forma parte fundamental de esta expresión, además de este mecanismo, existen otros mecanismos periféricos que también son parte de esta adaptación y que originan cambios en estructuras musculares como el sarcolema y nervios periféricos. Un ambiente frío puede retrasar la contracción del músculo ocasionando desaceleración de la contracción muscular y tiene un potencial efecto de la tensión muscular.(36)

Las temperaturas calientes modifican las propiedades mecánicas de la fibra muscular, diversos estudios en humanos y animales sugieren que la alta temperatura podría reducir la amplitud del potencial de acción (en la excitabilidad neuronal y afectación del sarcolema). También hay una relación positiva entre la temperatura y velocidad de conducción con una desaceleración de esta por parte del nervio en ambientes fríos.(32)

Durante el ejercicio de corta duración, el rendimiento mejora de 2% a 5% con un incremento de 1°C de la temperatura muscular. Sin embargo, si se presentan aumentos centrales de temperatura (hipertermia), esta relación positiva cesa y el rendimiento se deteriora. Este decremento en el funcionamiento en entornos fríos y calientes está relacionado con modificaciones de protección con el fin de atenuar

daños a nivel central y periférico de las estructuras musculares. El efecto de la temperatura ambiental en el rendimiento neuromuscular está directamente relacionado con la duración del ejercicio, especialmente en un ambiente caluroso. (36)(28)

Es importante recordar a los médicos ocupacionales de las empresas y a los dirigentes administrativos que en ciertas industrias los adolescentes (permiso de trabajo por el Ministerio de Trabajo) pueden verse obligados a trabajar en un medio caluroso que tengan consideraciones especiales con los trabajadores de este grupo desde el punto de vista médico y de las condiciones de contratación porque las personas a medida que avanzan en edad el proceso de aclimatización es más difícil, se ha ponderado que pueda ser por la actividad de sus glándulas sudoríparas, aunque no está del todo confirmado este hecho. (17)(27)

En cuanto al género, el sexo femenino representa una proporción muy elevada del personal de ciertas empresas, no existe una investigación a fondo de las diferencias que hay entre los dos sexos, por lo que respecta a la termorregulación parece desprenderse de los datos disponibles en los climas cálidos; que la capacidad de sudoración es casi igual en ambos sexos después de la aclimatización pero hay algunos indicios que indican que las mujeres se aclimatan peor que los hombres, se ha postulado que puede ser consecuencia de su adaptación en su sistema cardiovascular, esto extrapolándolo de las modificaciones fisiológicas en la gestación.(32)

Es importante que cuando se implementa un sistema de vigilancia epidemiológica en relación con ambientes calurosos es determinante la ingesta de medicamentos que puedan incrementar el riesgo de sufrir enfermedades por el calor. El género masculino tienden a poseer una tasa de sudoración mayor con subsecuente consumo de oxígeno con lo cual se aclimatan mucho mejor, otros factores como la edad, tamaño corporal y capacidad física también pueden afectar la aclimatización de las personas en ambientes calurosos de riesgo.(20)

Una de las manifestaciones más comunes de personas expuestas a calor se podría identificar a través de síntomas relacionados tales como:

a. Fatiga por Calor: Produce síntomas como irritabilidad, cansancio, disminución de la concentración para trabajar en actividad motrices finas, no existe cambio de temperatura corporal; unas de las causas de estos síntomas es la falta de aclimatización, asocio de problemas emocionales y malestar en el calor. Su prevención es una aclimatización adecuada y con descansos paulatinos. Su tratamiento es inocuo excepto en casos que la adaptación al calor sea ineficaz. (37)(20)

b. Rash por el Calor: Produce exantema pruriginoso durante la exposición al calor como resultado de obstrucción de las glándulas sudoríparas. Este exantema lo puede producir por la secreción excesiva de sudor en un ambiente húmedo. Su aparición se puede prevenir con duchas para limpiar el sudor y/o aplicación de lociones suaves tales como la calamina. El tratamiento de esta patología es descansar en un lugar fresco y ventilado, puede tardar varios días para disminuir el brote. Dado que el trabajador disminuye la producción de sudor se puede tornar intolerable en ambientes calurosos lo cual podría generar cambio de rol u ocupación.(9)

c. Sincope por Calor: Perdida de conocimiento en un ambiente de calor. Esta patología se puede producir por acumulación de sangre en miembros inferiores aunada a la falta de aclimatización y deshidratación conllevando a una hipotensión postural. Se puede evitar la aparición del síncope por calor con la ingesta de líquidos, una aclimatización adecuada y aumento de su movilidad. En ocasiones es necesario visitar un médico cuando esté asociada a otras comorbilidades que produzcan síncope, generalmente el manejo es descansar en un área fresca con una recuperación rápida. (9)

d. Calambres Musculares: Presencia de contracciones musculares en brazos, piernas y abdomen. Estos síntomas pueden ocurrir durante o posterior al horario laboral. Su fisiopatología está esclarecida por pérdida de sal al ingerir grandes cantidades de líquidos que entrevean una dilución del plasma. Para salvaguardar la aparición de esta patología se debe añadir sal a los alimentos y consumir muchas frutas.(20)

e. Agotamiento por Calor: Se caracteriza por cefalea, náuseas, mareos, debilidad, sed intensa, pulso rápido y débil con piel húmeda y pegajosa. Su etiopatología está configurada como deshidratación moderada a severa aunado a un esfuerzo físico en ambientes con temperaturas altas. Su prevención se basa en la ingesta de líquidos fríos a menudo, con exceso de sal en sus alimentos, teniendo en cuenta sus comorbilidades, una aclimatización adecuada y consumo de jugos de frutas. Su tratamiento está orientada a ingerir este tipo de alimentos, en caso necesario consultar a un servicio de salud. Esta entidad también se ha denominado postración de calor con depleción de sal. (11)

f. Golpe por Calor o Hiperpirexia: Esta patología configura síntomas como náuseas, cefalea, piel seca y caliente, temperatura corporal de 40 grados o más, alteración del estado de conciencia con asociación de convulsiones o estado de coma, lo que puede conllevar a la muerte. Su expresión se debe a la falla en el sistema nervioso central del control de la temperatura corporal causado por trabajo excesivo y prolongado en ambientes calurosos, no aclimatización de trabajadores en este tipo de riesgo y el uso simultáneo de medicamentos o ingesta de alto consumo de licor. Cuando la temperatura corporal aumenta más allá de un nivel

crítico, entre 41.1°C y 42.2°C, es posible que se presente un golpe de calor. Cuando la fuente del calor es sol, esta condición se denomina Insolación. Es imperativo establecer evaluación médica antes de ingresar a estos ambientes de trabajo calurosos, es sumamente importante vigilar la aclimatización de los trabajadores, establecer jornadas de descanso y trabajo, con un adecuado reemplazo de líquidos y sal. El tratamiento de esta patología es atención médica inmediata en centros con recursos apropiados para el manejo de la misma. (20)(8)

g. Postración anhidrótica por el calor (deshidratación): Esta entidad sucede cuando la sudoración no es reemplazada con la ingesta de líquidos, con lo que una pérdida de líquidos superior a 1.5 litros daría como resultado una pobre tolerancia al calor manifestada como taquicardia, temperatura corporal más alta, disminución de la capacidad mental, lo cual conduce a minimizar los riesgos y peligros en el ambiente laboral. (20)

h. Edema por calor: Consiste en edema de las extremidades, en particular pies y tobillos, si se obtiene la aclimatización, esta condición se resuelve de manera espontánea. (27)

Existen otros efectos del calor, como la susceptibilidad a otras enfermedades en especial a afecciones dermatológicas, ya que la protección natural de la piel se puede ver menoscabada por el incremento en la sudoración. Otro efecto comentado es el deterioro de la capacidad de rendimiento en la exposición a temperaturas altas o muy frías ya que guardan relación con el incremento o disminución de la temperatura corporal con sus respectivos cambios a nivel conductual y cognitivo.

Otra consecuencia que podría derivar de la exposición a temperaturas altas son las cataratas, en donde se ha observado en trabajadores que laboran con materiales incandescentes, en donde el responsable de las mismas son las radiaciones infrarrojas emanadas de estas fuentes. (20)

En cuanto a ambientes laborales con exposición al frío o la ausencia de calor es un peligro ocupacional para tener en cuenta en ámbitos laborales, se encuentra en múltiples escenarios tales como la construcción, ganadería, pesca, agricultura, explotación forestal, explotación de gas, empresas de transporte y otros trabajos que se desempeñan al aire libre en países con estaciones o alturas superiores. Los accidentes laborales relacionados con temperaturas bajas ocurren generalmente cuando hay inmersión en aguas heladas e incapacidad de salir de ambientes helados que produzcan hipotermia, sumado a que el frío afecta la ejecución de tareas mentales y manuales complejas, esta última por la reducción de la sensibilidad en los dedos y cuando se incrementa el frío hay afección de músculos y rigidez en las articulaciones, elementos fisiológicos que aumentan el riesgo de accidentes laborales.

Es importante enfatizar que no se requiere ambientes con temperaturas bajo cero para experimentar hipotermia, la presencia de trabajadores en frigoríficos o edificios sin calefacción pueden ser factores de riesgo importante para producirla. Es este aparte se discute la presencia de la hipotermia y la congelación. También como en el tema del calor existen conceptos relacionados con el frio: (29)(38)

- a. Pie de Inmersión: Este se produce en las personas que se mantienen con los pies mojados que produce disminución de su temperatura. Este puede ocurrir a temperaturas de hasta 10 °C (50°F). La lesión inicial es a nivel del de tejido nervioso y muscular. Los síntomas incluyen hormigueo, entumecimiento, picazón, dolor, y edema de las piernas, pies o manos, con la producción posterior de ampollas. La piel se torna de color rojo inicialmente pero a medida que progresa el compromiso adopta el color azul o gris. En casos extremos se puede presentar gangrena. (39)
- b. Pie de Trinchera (Trenchfoot): Se caracteriza como un pie de inmersión pero a temperaturas más bajas, puede tener un periodo de duración de minutos a días, pero el promedio son tres días, pero depende de la medición de la temperatura. También se ha postulado como la “enfermedad del frio y la humedad” como resultado de la exposición prolongada de un ambiente frio y húmedo con temperaturas mayores a 10°C (50°F). (39)
- c. Congelación: Proceso que afecta a los tejidos afectados por temperatura cae por debajo de cero, este puede conducir a la cicatrización, daño tisular permanente, generar secuelas graves como amputación de miembros. Los síntomas de este proceso varía del grado de congelación, del tiempo de exposición y factores del individuo. Entre las aéreas más afectadas son los dedos de manos y pies, orejas y nariz por su poca presencia de músculos que conllevan a producción de calor. Si los globos oculares no se protegen con gafas, las corneas se pueden congelar. En este aparte es importante mencionar que existe congelamiento superficial y profundo, en donde el compromiso es siempre sistémico, pero los síntomas iniciales se determinan en las capas iniciales de la piel tal como la epidermis, cuando afecta la dermis es grave y puede contribuir a isquemia y necrosis del área.(39)(40)
- d. Hipotermia: Se presenta esta patología cuando la temperatura central del cuerpo desciende de un nivel en donde no se permite mantener una rata metabólica óptima. Sus primeros síntomas son una sensación de frio, seguido de dolor generalizado, cuando aumenta el tiempo de exposición se adiciona entumecimiento general, alteraciones del estado de conciencia que puede desencadenar en un coma y luego la muerte. Ciertas personas son más susceptibles al estrés por frio que otras personas dado por su

idiosincrasia. (39)(40)

La sensación corporal de frío es un factor relativo. El termómetro puede marcar una temperatura superior a 4.4°C y la posibilidad de hipotermia puede parecer remota, pero se han producido muchos casos a temperaturas muy por encima del punto de congelación. El enfriamiento del cuerpo depende de muchos factores, no solo de la temperatura del aire, también está influenciada por la humedad de la piel y de la ropa, esta última puede eliminar calor del cuerpo cientos de veces más rápidamente que cuando la piel está seca. (20)(38)

La hipotermia se puede dividir según el grado de afectación sistémica y la temperatura corporal, aunque es importante enfatizar que existen personas susceptibles que a temperaturas superiores presenten signos de hipotermia comprometedores. (37)

1. Hipotermia Leve: Temperatura 37,2 a 36,1 °C (99 - 97° F) Con signos de temblor leve. Con temperaturas entre 36.1-35 °C (97 - 95 °F) el temblor aumenta, piel de gallina, no se puede ejecutar tareas complejas, puede presentar manos entumecidas. Con temperaturas entre 35-33,9 °C (95 a 93 °F) temblando de frío, incoordinación motora, movimientos lentos y con dificultad, confusión leve, ritmo de tropiezo. Se utiliza la prueba de sobriedad, si no puede caminar un metro en línea recta, la persona tiene hipotermia.
2. Hipotermia Moderada: Temperatura entre 33.9 a 32.2 °C (93 - 90 °F) con signos de temblor generalizado, bradipsíquico, bradilálico, empieza amnesia, tropieza con frecuencia, pérdida de coordinación fina. Temperaturas 32.2-30 °C (90 - 86 °F) Cesan los temblores, cianosis, edema en piel, incapacidad para caminar, confusión, incoherencias, comportamiento ilógico, puede adoptar una postura y la apariencia de conciencia. Temperaturas 30-27,8 °C (86 - 82 °F) se presenta rigidez muscular, estupor, pulso filiforme, puede aparecer fibrilación ventricular. Temperatura entre 27,8-25,6 °C (82 - 78 °F) coma, puede presentar actividad eléctrica sin pulso, no respuesta. En esta etapa se puede presentar la muerte.
3. Hipotermia Grave: Temperatura 25,6 a 23,9 °C (78 - 75 ° F) Evento no compatible con la vida, presenta edema agudo de pulmón, insuficiencia cardíaca y respiratoria, muerte. (40)(39)

En un ambiente laboral con la exposición al frío, los primeros síntomas que se deben reconocer en trabajadores con stress por frío, son actitudes como inicio de escalofríos, búsqueda de lugares más calientes o se colocan mas ropa para

abrigar son indicadores válidos de afección por el frío. Aunado a ello en la disminución de la habilidad manual y de la capacidad de concentración que propenda a producción de accidentes de trabajo y decremento de la productividad.

Merece una atención especial al trabajo que se ejerce en las cámaras frigoríficas, en donde los alimentos congelados tienen que ser almacenados y transportados a temperaturas ambientales muy bajas (≤ 20 °C). Este trabajo en cámaras frigoríficas existe en casi todas las partes del mundo. Es un tipo de exposición artificial al frío que se caracteriza por un clima constante y controlado. Los trabajadores pueden verse expuestos al frío de manera continua o, lo más frecuente, de manera intermitente, turnándose entre los ambientes fríos y los ambientes cálidos o calurosos fuera de la cámara. La instalación de calefactores locales (verbigracia radiadores infrarrojos) en los puestos de trabajo estacionarios facilita el equilibrio térmico. Gran parte del trabajo en las cámaras frigoríficas se realiza con carretillas elevadoras. La mayoría de estos vehículos son descubiertos. La conducción crea una velocidad relativa del aire, que en combinación con las bajas temperaturas, aumenta el enfriamiento corporal. Además, el trabajo en sí mismo es ligero y la producción asociada de calor metabólico es pequeña. En consecuencia, el aislamiento requerido de la ropa es bastante alto (alrededor de 4 unidades clo) y no puede conseguirse con la mayoría de las prendas utilizadas. El conductor se queda frío, empezando por los pies y las manos, razón por la cual la exposición tiene que tener una duración limitada.(41)(38)

Además es importante tener y reconocer variables relevantes tales como la presencia de estructuras adecuadas y ventiladas, buen acondicionamiento de aire, dispositivos de regulación de las fuentes de calor, habitaciones de descanso con temperatura agradable, horarios de trabajo más apropiados, abastecimiento racional de agua potable, poseer los exámenes médicos de ingreso, periódicos y de retiro, la distribución de prendas de vestir para la protección individual, la vivienda y la alimentación entre otras. (17)(23)

Cuando se realiza exámenes pre-ocupacionales es importante enfocarlo en determinar la presencia de trastornos de la piel como dermatitis generalizadas que se empeoran con la humedad o el calor, patologías metabólicas no compensadas, la aparición de enfermedades gastrointestinales con débito alto o moderado podría conllevar a deshidratación, la presencia de enfermedades cardiovasculares puede disminuir su capacidad de trabajo en presencia del calor y el diagnóstico de obesidad con el que requerirá mayor nivel de energía con el aislamiento adicional reduce la pérdida del calor que va en contravención con la liberación de calor y disminución de la temperatura corporal. (27)

Existen fármacos que alteran la aclimatización como el ácido acetil salicílico, fenotiazinas, pilocarpina, anti colinérgicos como la hioscina, anti arrítmicos, antihipertensivos, diuréticos y levotiroxina. Las drogas ilícitas y el alcohol afectan

la tasa metabólica corporal con lo que afecta la adaptación del trabajador. (42)

El proceso de aclimatización es un proceso gradual en donde el metabolismo corporal se adapta a las temperaturas extremas. Durante la exposición inicial a un ambiente caluroso, tienen síntomas de irritabilidad, fatiga y sensación de aire caliente; al presentar exposiciones repetidas a estos ambientes estos síntomas descritos desaparecen o minimizan al máximo, este estado se podría denominarse como aclimatado, también existen factores que inciden en la velocidad de la aclimatización. (20)

Se han determinado múltiples patologías por realizar actividades laborales en ambientes calurosos, en donde la deshidratación es un problema muy común, ya que hay pérdida de líquido y sal, se tiene determinado de carácter promedio la ingesta de una o dos tazas de agua para reponer el líquido perdido, por el contrario el uso de bebidas azucaradas como gaseosas o líquidos con cafeína y alcohol están contraindicadas por efectos deletéreos en un organismo deshidratado. Es importante que la provisión de agua deba ser fresca. Sin embargo, la ingesta de agua en este tipo de ambientes es limitada por la supresión de la sed no es tan consistente con la pérdida de líquido, por eso es importante que personal alienta a tomar un vaso de agua cada hora, ya que se excede este valor podría ocasionar calambres abdominales. Asimismo es valioso suministrar la sal perdida, la cual puede ser suministrada en jugos de frutas o verduras incluidos en su alimentación diaria, ya que la prescripción de tabletas de sal debe ser tomadas bajo supervisión médica. (8)

En última instancia el estado fisiológico del embarazo no ha sido cuantificado en cuanto al peso de cada factor de estrés ergonómico con variables biológicas, si no a través de cuestionarios en donde el sesgo predomina en estos estudios, pero lo aconsejable es la limitación de la exposición a temperaturas extremas, aunque no existe ningún estudio que pueda soportar una asociación clara entre la exposición y variables asociadas al embarazo, tales como bajo peso al nacer, parto pretérmino. Por lo tanto no se puede dar ninguna recomendación de medicina basada en la evidencia pero ante el riesgo del binomio lo más aconsejable es limitar la exposición.(42) (43)

3.12 VARIABLES QUE AFECTAN AMBIENTES TERMICOS

A continuación se presentaran los factores que en el momento de realizar estudios de estrés térmico se requieren, es importante acotar que estos tipos de estudios se realizan con ayuda del ingeniero industrial y de todo el equipo de salud

ocupacional. Ya que conociendo estas variables se puedan impactar para mitigar los efectos deletéreos del calor y/o frío. (21)(44)

- **Velocidad del Aire:** Permite el intercambio calórico entre el individuo y el ambiente laboral, al facilitar la pérdida de calor por convección. El instrumento a utilizar esta variable se denomina anemómetros (velómetro y termoanemómetro)
- **Humedad Relativa:** Es una variable que facilita o dificulta la transmisión de calor del individuo al medio ambiente, al permitir o no la evaporación del sudor que requiere el individuo para lograr su equilibrio térmico. Se podría entender como la humedad del aire. Su medición se realiza a través de un girómetro o indirectamente con sigrómetro.
- **Tipo de Trabajo:** La actividad física que demanda la realización del trabajo, al igual que la posición y movimientos del cuerpo, origina un gasto energético en el individuo, el cual está directamente relacionado con el valor límite permitido para exposición a altas temperaturas (ACGIH).
- **Tiempo de Exposición:** Se entiende como el régimen de trabajo en horas al cual está expuesto el trabajador a altas temperaturas, incidiendo directamente en el valor límite permitido.
- **Calor Radiante:** La temperatura radiante ambiental promedio no se mide, se calcula, teniendo en cuenta la temperatura de bulbo seco, la temperatura radiante y la velocidad del aire. Para su posterior medición se utiliza los radiómetros, en donde están incluidos los termómetros de globo de Vernon y de bulbo húmedo que posteriormente se realizará una breve descripción de los mismos.
- **Susceptibilidad Individual:** Es la característica que posee cada persona de reaccionar ante la exposición al factor de riesgo por sus condiciones y antecedentes personales (7) (20) (13)

3.13 ÍNDICES DE EVALUACION TÉRMICA

La metodología de valoración del ambiente térmico se basa en la respuesta humana a las diferentes situaciones provocadas por la combinación de las seis variables que definen el ambiente térmico, cuatro ambientales y dos ligadas al individuo, y que son las siguientes: la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la humedad relativa, la velocidad del aire, la actividad metabólica y el aislamiento del vestido.(8)

Aunque existen diferentes métodos de evaluación de confort térmico, se describirán los métodos más utilizados, como el índice WBGT, el método del índice de temperatura efectiva y método de índice de tensión térmica según la resolución 2400 de 1979 en su artículo 64. Sin embargo existen otros métodos tales como el índice PMV y el PPD, en este último se aplica la norma ISO 7730. (7) Las variables a utilizar son el índice de temperatura del bulbo húmedo globo (o WBGT por sus siglas en inglés), el índice de stress térmico, la velocidad de evaporación máxima en donde se requiere la tasa de evaporación y el enfriamiento del viento proporcionan una información importante entre el individuo y el medio ambiente y se utilizan como directrices de protección al trabajar en condiciones ambientales extremas.(22) (45)(46)(47)

Los instrumentos usados para medir el flujo de calor radiante se denominan radiómetros. Estos sensores incluyen una esfera de cobre delgado con un diámetro de 4.2 cm y color negro con un factor de miscibilidad de 0.95 y un termómetro interno que refleja la temperatura del globo (Termómetro de globo de Vernon-recomendado por la NIOSH) y temperatura del bulbo seco. (29)

El termómetro del globo mide el intercambio de calor por radiación, convección y conducción; este se estabiliza cuando se iguala la radiación con la suma de convección y conducción, este valor de equilibrio térmico se obtiene a los 25 minutos, donde se mide la temperatura del globo, en épocas iniciales de la valoración por stress térmico. Asimismo con el termómetro de bulbo húmedo, el cual consiste en un termómetro de mercurio cuyo bulbo está envuelto en una tela de algodón muy absorbente, en donde uno de sus extremos de tela debe quedar sumergido en agua destilada. Este termómetro se expone al movimiento natural del aire. Visualizar figura adjunta en página. (29)(47)

Se explicara con términos simples y prácticos la aplicación de los métodos, aunque en la esfera colombiana se utiliza el índice WBGT según la resolución 2400 en su artículo 64, que también relaciona el índice de tensión térmica y el índice de temperatura efectiva.

3.13.1 Índice de la temperatura efectiva. Este índice se encuentra fundamentado en el método fisiológico de las respuestas de las grandes colectividades, que debidamente llevadas sobre un diagrama psicométrico modificado, nos permite la determinación del índice de temperatura efectiva resultante que nos mide el grado de confort ambiental. (29) Este método fue presentado en 1923 por American Society of Heating and Ventilating (ASHVE), inicialmente como un criterio para evaluar confort de un grupo de personas expuestas a diferentes condiciones de humedad, temperatura y humedad del aire.

Para determinar la temperatura efectiva se recurre a la utilización de un diagrama psicrométrica obtenido, en donde se ingresa los datos de temperatura seca del aire, humedad del aire y velocidad del aire en el ambiente. (24) Existen muchos tipos de cartas psicrométricas cada una con sus propias ventajas. Algunas se realizan para el rango de bajas temperaturas, otras para el rango de media temperatura y otras para temperaturas altas. Todas tienen la misma función, lo que varia es su campo de aplicación y el rango de temperaturas. (29)

3.13.2 Índices PMV, PPD y norma ISO 7730. Según información suministrada esta medición se puede lograr a través de dos indicadores: el índice PMV (del inglés Predicted Mean Vote) y el índice PPD (del inglés Predicted Percentage of Dissatisfied). El primer índice confiere la estimación de la sensación térmica, mientras que el PPD proporciona sobre el grado de comodidad de un ambiente térmico. (22) Estos índices se pueden aplicar según la norma UNE-EN-ISO 7730/2006 en donde se aplican estos índices a una población expuesta de ambientes térmicos. (33)

En cuanto el índice PMV permite predecir el valor promedio de la sensación térmica que produciría un determinado ambiente en un grupo numeroso de personas. La mediana de estos valores sería un reflejo del grado de insatisfacción frente al ambiente térmico. Existe otro indicador el PD (Percentage de Dissatisfied) que indica el grado de incomodidad en ciertos ambientes térmicos en donde por ejemplo existen áreas expuestas a corrientes de aire en sitios diferentes del cuerpo.(22)

El establecimiento de categorías de calidad de ambiente térmico pretende dar respuesta a las distintas necesidades que puedan tener los países en cuanto a desarrollo técnico, prioridades nacionales o, incluso, a diferencias climáticas, de forma que los índices PMV, PPD y PD permitan establecer diferentes rangos de parámetros ambientales que faciliten el diseño de las instalaciones, se anexa una tabla que determina las diferentes categorías de bienestar térmico. (33)

Tabla 1. Categorías de ambiente térmico. Índices PMV y PPD

CATEGORIAS	ESTADO TERMICO DEL CUERPO EN SU CONJUNTO	
	PMW	PPD (%)
A	-0.2<PMV < +0.2	<6
B	-0.5<PMV < +0.5	<10
C	-0.7<PMV< +0.7	<15

En la tabla 2 se recogen las categorías de ambiente térmico que corresponden a los porcentajes de insatisfechos debidos a los diferentes factores de malestar térmico localizado considerados. La utilización de estos parámetros están determinados cuando se realizan espacios laborales en donde se quiera aplicar bienestar térmico dependiendo de la ventilación, número de ocupantes, datos de clima exterior, el posible uso de apantallamiento solar, área de la superficie cristalizada, presencia de ventanas, carga térmica de personas, equipos, iluminación, radiación solar, etc. (22)

Tabla 2. Categorías de Ambientes Térmicos. PD debidos a incomodidad térmica local.

CATEGORIAS	INCOMODIDAD TERMICA LOCAL			
	PD (%)			
	Corrientes de Aire (DR) *	Diferencia vertical de la T° aire	Suelos calientes y fríos	Asimetría de temperatura radiante
A	<10	<3	<10	<5
B	<20	<5	<10	<5
C	<30	<10	<10	<10

DR* del ingles Drauhg Rate

3.13.3 Índice WBGT (Temperatura del Globo Bulbo Húmedo). Este método de evolución de estrés térmico es un método instrumental desarrollado inicialmente por la marina estadounidense que permite valorar la exposición al calor durante largos periodos de jornadas de trabajo a partir del índice WBGT (Wet Bulbe Globe

Temperature), cuyos valores adopta la ACGIH como valores de TLV de estrés térmico. (29)

Este método se fundamenta en una serie de correlaciones experimentales entre el binomio agresividad ambiental-nivel de actividad y el valor de la temperatura interna. Existen dispositivos tales como el Questemp 34 que calcula en índice WGBT, que es un dispositivo electrónico que mide los tres parámetros solicitados. Ver Figura 2. Este índice determina la agresividad ambiental según este presente la influencia solar. (5)

3.13.3.1 Estimación del índice WBGT. Para su determinación se utiliza el equipo representado en la figura siguiente y compuesta por un soporte con elementos de termómetro seco para determinar la temperatura seca (TS), termómetro húmedo para determinar la temperatura húmeda (TH) y termómetro de globo para determinar la temperatura de globo (TG). (47)

A partir de estos valores, se calcula el índice WGBT utilizando las siguientes expresiones, según se trate de ambientes exteriores o interiores:

$$\begin{aligned} \text{WGBT} &= 0.7 \text{ TH} + 0.2 \text{ TG} + 0.1 \text{ TS} \text{ (Exteriores con sol)} \\ \text{WGBT} &= 0.7 \text{ TH} + 0.3 \text{ TG} \text{ (Interiores y exteriores sin sol)} \end{aligned}$$

En el momento existen medidores de estrés térmico electrónicos con lectura digital que permiten agilizar la medición y evaluar tendencias estadísticas para la posterior toma de decisiones. Ver Figura No 2. (29)

Figura 2. Equipo Computarizado para Medición de Calor



Es necesario realizar las correcciones necesarias teniendo en cuenta las características del puesto de trabajo, el grado de aclimatización, la velocidad del aire, efecto de la vestimenta utilizada, el género de la persona, su temperatura corporal, la obesidad entre otros según la recomendación generada por la ISO:

Tabla 3. Factores de Corrección al índice WGBT promedio

Factor de Corrección	Valor a ajustar
Persona no aclimatada o físicamente no apta	2
Aumento de la velocidad del aire $V_a \geq 1.5 \text{ m/s}$ y $T \leq 35^\circ \text{C}$	-2
Pantalón corto y torso desnudo	-2
Chaqueta impermeable	2
Gabardina impermeable	4
Traje Completo	5
Obesidad y persona mayor	+1 o +2
Mujeres	1

Si durante la jornada laboral el personal se encuentra expuesto a diferentes condiciones ambientales, el índice WGBT promedio se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$WGBT_{\text{promedio}} = \frac{\sum WGBT \times t_i}{\sum t_i}$$

Siendo t_i el tiempo de permanencia a cada índice calculado de $WGBT_i$.

3.13.3.2 Limitaciones del método WBGT. Este índice revela una aproximación que no cubre todas las interacciones entre una persona y su ambiente y no incluye condiciones especiales de calor como fuentes de radiofrecuencia o microondas, este debe ser ajustado por la contribución del calor metabólico derivado de la carga de trabajo y por el estado de aclimatización así como el uso de la ropa. Es

importante enfatizar que estos niveles se aplican solo para que la temperatura interna corporal no superara los 38°C y no descendiera de los 36°C por sus connotaciones perjudiciales al organismo. (20)

3.13.4 Índice de estrés térmico IST. Este método se basa en el intercambio térmico entre el cuerpo humano y el medio ambiente, también denominado índice de tensión térmica; se expresa de acuerdo con la siguiente expresión de balance térmico(29):

$$A = M - (R + C + E)$$

Acumulación = Producción – Pérdida

Siendo A = Acumulación del calor en el cuerpo
M = Calor producido por el metabolismo
R = Calor intercambiado al ambiente por radiación
C = Calor intercambiado al ambiente por convección
E = Calor perdido por evaporación

Los valores M y E son siempre positivos, mientras que los de R y C pueden ser positivos o negativos, ya que son dependientes de variables ambientales.

Según lo expuesto el calor de evaporación del sudor medido en Kcal/h, denominado como E_{req} , indispensable para conservar el equilibrio térmico será:

$$E_{req} = M \pm R \pm C$$

Este índice se utiliza para valorar situaciones críticas durante cortos espacios de tiempo y representa la relación entre la cantidad de calor que debe normalmente evacuar una persona por sudor para mantener el equilibrio térmico de su cuerpo en el desarrollo de su actividad laboral E_{req} (Kcal/h) y la cantidad máxima de calor que sería susceptible evacuar por sudor en las mismas condiciones ambientales E_{max} (Kcal/h). También este índice es utilizado para definir los criterios de diseño de sistemas de control. (29)(7)

$$IST = \frac{E_{req}}{E_{max}} \times 100$$

3.14 CONSUMO METABOLICO HUMANO

El cálculo del metabolismo constituye una variable importante dentro de las mediciones de campo, debido a las demás variables se midan con los equipos debidamente calibrados con cumplimiento de protocolos de evaluación; es importante mencionar que puede existir sesgos de medición de hasta un 15% dependiendo de la metodología utilizada, de tal manera que es necesario realizar énfasis en la metodología de evaluación del metabolismo, que consiste en la transformación de la energía química de los alimentos en energía mecánica y en calor, midiendo el gasto energético muscular. Este gasto se expresa en unidades de energía y potencia, como las kilocalorías (Kcal), joules (J) y watios (w).(30)

La estimación del consumo metabólico a través de tablas, implica aceptar valores normalizados para distintos tipos de actividad, esfuerzo, movimiento y efectuar extrapolaciones de esta información a la población que se está midiendo, de tal forma que en muchas ocasiones genera controversia la aplicación de estas tablas en la población colombiana. (30)

Es utilizada de manera amplia una tabla para medir el consumo metabólico, esta pueda clasificar el gasto energético en estados metabólicos de reposo, ligero, moderado, pesado o muy pesado, en función de la actividad desarrollada. Esta tabla es extraída del Reglamento técnico para exposición a sobrecarga térmica. (7) (20)

Tabla 4. Categorías Tasa Metabólica y la tasa metabólica representativa con ejemplos de actividades ¹ (48)

Categoría	Tasa Metabólica [W]	Ejemplos
Reposo	115	sentado
Metabolismo ligero	180	Sentado con trabajo manual, conducir, de pie con trabajo de mano suave
Metabolismo moderado	300	Esfuerzo moderado de mano, pie y tronco. Marcha normal.
Metabolismo Intenso	415	Trabajo intenso brazos y tronco, caminar forzado, llevar pala, empujar y tirar cargas pesadas
Metabolismo Muy Intenso	520	Actividad máxima con esfuerzo máximo

Para poder establecer a qué tipo de metabolismo se encuentra una persona laborando, se mencionaran algunos ejemplos correspondientes al consumo energético de cada uno de ellos:(49)

Metabolismo Ligero: Sentado con comodidad: trabajo manual ligero (escritura, picar a máquina, dibujo, costura, contabilidad); trabajo con manos y brazos (pequeños útiles de mesa, inspección, ensamblaje o clasificación de materiales ligeros); trabajo de brazos y piernas (conducir un vehículo en condiciones normales, maniobrar un interruptor con el pie o con un pedal).

De pie: taladradora (piezas pequeñas); fresadora (piezas pequeñas); bobinado, enrollado de pequeños revestimientos, mecanizado con útiles de baja potencia; marcha ocasional (velocidad hasta 3,5 km / h).

Metabolismo moderado: Trabajo mantenido de manos y brazos (claveteado, llenado); trabajo con brazos y piernas (maniobras sobre camiones, tractores o máquinas); trabajo de brazos y tronco (trabajo con martillo neumático, acoplamiento de vehículos, enyesado, manipulación intermitente de materiales moderadamente pesados, carda, viña, recolección de frutos o de legumbres);

¹ El efecto del peso del cuerpo en la tasa metabólica estimada puede ser explicada por la tasa estimada multiplicando por la relación del peso corporal real dividido por 70 Kg

empuje o tracción de carretas ligeras o de carretillas; marcha a una velocidad de 3,5 a 5,5 km/hora; forjado.

Metabolismo elevado: Trabajo intenso con brazos y tronco; transporte de materiales pesados; trabajos de cava; trabajo con martillo; serrado; laminación acabadora o cincelado de madera dura; segar a mano; excavar; marcha a una velocidad de 5,5 a 7 km/hora. Empuje o tracción de carretas o de carretillas muy cargadas, levantar las virutas de piezas moldeadas, colocación de bloques de hormigón.

Metabolismo muy elevado: Actividad muy intensa a marcha rápida cercana al máximo; trabajar con el hacha; acción de palear o de cavar intensamente; subir escaleras, una rampa o una escalera; andar rápidamente con pasos pequeños, correr, andar a una velocidad superior a 7 km/h.

En la norma técnica colombiana NTC 45 se presenta una interpretación de cada clase de actividad según la tabla anterior. También existen otras tablas en base a la edad, sexo, metabolismo postural, metabolismo para diferentes actividades, pero la descripción de estas tablas excede el objetivo de este capítulo de libro.

3.15 CRITERIOS DE VALORACION DE TEMPERATURAS EXTREMAS

En relación con la definición de los valores límites permisibles en la legislación colombiana se tiene determinado desde 1979 por la Resolución 2400 en su Capítulo VIII, artículo 153 y 154 la implementación de estos TLV en base de lo determinado por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales o los TLV que expide el Ministerio de Salud. Se adopta estos TLV cada vez que la ACGIH emite decisión acerca de ellos, en este caso se utilizan los emitidos en el 2012.

3.15.1 Valores límites permisibles. Por lo anterior con la medición de índice WBGT, se correlacionan con los valores referenciados por la ACGIH, se presentan en grados Celsius y representan los valores cercanos al límite superior de la categoría de la tasa metabólica. Es importante tener en cuenta que si los ambientes de trabajo y descanso son diferentes, se deberá calcular la exposición promedio horaria.

Los regímenes de trabajo y recuperación están definidos para actividades realizadas por cada hora de trabajo y definidos en porcentaje, relacionados al WBGT de acuerdo al Tipo de Trabajo realizado por el empleado, entre Ligero, Moderado, Pesado y Muy Pesado, de acuerdo al Gasto Metabólico. Se expone en

la tabla siguiente lo emitido por la ACGIH. También se añade las notas añadidas en esta tabla formuladas por la ACGIH. (48)

Tabla 5. Criterios de selección de TLV y límite de acción a la exposición del stress térmico

<i>Ciclo de W y Recuperación</i>	TLV				Límite de Acción			
	<i>Ligero</i>	<i>Moderado</i>	<i>Pesado</i>	<i>Muy Pesado</i>	<i>Ligero</i>	<i>Moderado</i>	<i>Pesado</i>	<i>Muy Pesado</i>
<i>75% - 100%</i>	31.0	28.0	--	--	28.0	25.0	--	--
<i>50% - 75%</i>	31.0	29.0	27.5	--	28.5	26.0	24.0	--
<i>25% - 50%</i>	32.0	30.0	29.0	28.0	29.0	27.0	25.5	24.5
<i>0% - 25%</i>	32.5	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0

Notas:

- Se debe ver la tabla 4 y para definir el tipo de trabajo se recurre a las tablas anteriormente mencionadas.
- Valores WGBT se expresan al 0.5 más cercano ° C
- Los valores TGBH están expresados en grados Celsius y representan los valores cercanos al límite superior de la categoría de la tasa metabólica.
- Si los ambientes de trabajo y descanso son diferentes, deberá calcularse y usarse la exposición promedio horaria (TWA). El TWA deberá usarse cuando varían las condiciones de trabajo con las horas.
- Los regímenes de trabajo-descanso presentados, están basados en ocho horas de trabajo por día y cinco días de trabajo a la semana, cuando los días de trabajo son mayor debe de consultarse los documentos base de la aplicación de los TLV en la ACGIH.
- Cuando el trabajo es muy pesado debido a los daños fisiológicos asociados con el calor, no se puede laborar jornadas continuas ni hasta para el 25% de descanso por cada hora. En estos casos se recomienda el monitoreo fisiológico.
- El índice WGBT es una aproximación que no cubre todas las interacciones entre una persona y su ambiente y que no incluye condiciones especiales como calor a partir de fuentes de radiofrecuencia o microondas. Como solo es un indicador integrado de las condiciones ambientales debe ser ajustado por la contribución del calor metabólico derivado de la carga de trabajo y por el estado de aclimatización así como por la ropa de trabajo usada.

En la tabla siguiente se referencian los límites de tiempo recomendados para trabajar en distintos ámbitos de temperatura bajas. Como el metal conduce el calor

fuera del cuerpo en forma bastante rápida, se debe tener mucho cuidado con el contacto de la piel con objetos metálicos como herramientas y de ser posible usar herramientas que tengan mangos no metálicos. (48)

Tabla No 6. Límites Máximos Diarios de tiempo para exposición a temperaturas bajas.²

Temperatura °C	Exposición Máxima Diaria
0 a -18°	Sin límites siempre que la persona este vestida adecuadamente.
-18 a -34°C	Tiempo total de trabajo: 4 horas alternando 1 hora dentro y 1 hora por fuera del área a baja temperatura
-34 a -57°C	Dos periodos de 30 minutos cada uno, con intervalos de por lo menos 4 horas. Tiempo total de trabajo a baja temperatura permitido: 1 hora (tener en cuenta que existe cierta diferencia individual: un informe recomienda 15 minutos y no más de cuatro periodos por jornadas de 8 horas).
-57 a -73°C	Tiempo máximo permisible de trabajo: 5 minutos durante 1 día de trabajo de 8 horas. Para estas temperaturas extremas se recomienda el uso de cascos herméticos que cubran totalmente la cabeza, equipados con un tubo respirador que pase por debajo de la ropa hasta la pierna para calentar el aire.

3.16 AISLAMIENTO TÉRMICO DEL VESTIDO (CLO)

Como el índice WGBT es el utilizado en el territorio nacional nos vemos abocado que por ajuste de vestimenta, se deben adicionar las cifras en °C del manual de la ACGIH (2010) al valor del WGBT obtenido. (48)

² Fuente: NSC Data Sheet 465

Tabla No 7. Factores de ajuste del vestido al índice WGBT (48)

Tipo de Ropa	Agregar al WGBT (°C)
Ropa de trabajo (pantalones largos y camisa de manga)	0
Batas de tela (material tejido)	0
Ropa tejida de doble capa	3
Overol de polipropileno	0.5
Batas de poliolefina	1
Overoles de barrera al vapor	11

3.17 MEDIDAS DE CONTROL OCUPACIONALES EN TEMPERATURAS EXTREMAS (5)

3.17.1 Medidas de control en ambientes calurosos. Como primera medida debemos establecer la actividad económica de cada una de las empresas que vayamos a evaluar o a realizar un estudio o en un sistema de gestión que implique trabajos asociados al calor y por ende la respuesta humana a este , los factores que influyen ,y por lo tanto los efectos en la salud de los individuos que se exponen a ambientes muy calurosos, se enfocara en realizar mediciones y evaluaciones realizando control para estos ambientes ,y por lo tanto asistencia médica para las personas que trabajan en estos puestos laborales muy calurosos como nos lo muestra el siguiente diagrama de flujo para el control del trabajo en ambientes calurosos, que de manera didáctica se muestra como proceder ante situaciones de exposición a temperaturas calurosas. (20)(50)

Para el abordaje de este tema de medidas preventivas en el ámbito ocupacional se requiere agruparlas bajo el método de intervención del factor de riesgo a través de la sustitución, eliminación, controles de ingeniería, señalización, controles administrativos y por ultimo pero no menos importante la utilización de equipos de protección personal.

3.17.1.1 Métodos de eliminación. Para poder establecer la eliminación del factor de riesgo, se pueden establecer estrategias en la empresa no afectando su proceso natural de desarrollo, se puede trabajar encontrando nuevos procesos que no requieran el calor, adquiriendo elementos de su producción que no requieran su fabricación al interior de la empresa, establecer horarios en donde el calor no es un problema, programar hoja de vida de los equipos cuando están en

reposo para evitar la presencia del calor, organizando el trabajo en aquellos momentos del día en los que los procesos que emiten mucho calor estén apagados, aprovechar las estaciones en donde el calor no es factor de riesgo importante. (11)(50)

3.17.1.2 Métodos de sustitución. En este control se ataca el medio ambiente, en el cual se puede impactar a través de sistemas de ventilación general, sistemas de enfriamiento y/o tratamiento de aire, intercambiadores de calor, equipos de aire acondicionado y sistemas que aumentan el flujo de aire del sitio de trabajo, en este último aparte la velocidad del aire es la variable más fácil de impactar en el medio ambiente y con lo que pueda modificar la temperatura ambiental y con ello la sensación térmica de los trabajadores. (46)

Otra forma de controlar este riesgo a través de la sustitución es la construcción de edificios comerciales, los cuales tienen como finalidad el confort humano y/o para el almacenamiento de materiales, en el diseño de estas edificaciones se logra con un sistema que involucre calefacción, ventilación, enfriamiento y del sistema de plomería; lo cual propende para suministrar un confort térmico.(50)

En este aparte se utilizan además elementos de mitigar el riesgo emitido por la fuente, en estos casos se utilizan elementos que impidan que el calor solar penetre a los edificios utilizando tabiques de vidrio donde una parte del flujo de calor es reflejado disminuyendo el aporte de calor al interior. Otro método utilizado es la instalación de campanas de aspiración por encima de las fuentes de calor lo cual mitiga la producción de calor. Un método muy frecuente y común es la utilización de pantallas brillantes con un coeficiente de reflexión alto.

Otro control que pueda incluirse es la presencia de aislamientos térmicos que puedan aplicarse en ambientes calurosos o fríos, en donde se pueden cumplir varios objetivos entre uno de ellos, la conservación de energía reduciendo las pérdidas o ganancias de calor, el control de la temperatura superficial, control de la condensación sobre superficies frías y control de congelación en líneas de agua helada entre muchas otras funciones. Entre estos materiales que actúan como aislante térmico se tiene el silicato de calcio, vidrio celular, fibra de vidrio, espumas plásticas, fibras minerales, plásticos elastómeros, fibras refractarias y cementos aislantes. (51)

3.17.1.3 Controles de ingeniería. En estos controles se trabaja principalmente en los sistemas de ventilación general a través de sistemas que diluyen el aire caliente para convertirlo en frío, estos sistemas dependen de la magnitud del espacio físico afectado por temperaturas extremas. También se utilizan sistemas de enfriamiento y/o tratamiento de aire el cual reducen la temperatura del aire removiendo el calor y en ocasiones humidificando el aire. Otro control utilizado son intercambiadores de calor, en donde se hace pasar aire caliente sobre agua fría, este sistema es más eficiente en climas cálidos y secos. Además existen los

equipos de aire acondicionado pero estos conllevan mayores costos económicos.(50)(8)

Otro control de ingeniería utilizado son ventiladores de alta velocidad, pero este es solo efectivo cuando la temperatura del aire sea menor que del cuerpo, permitiendo la evaporación del sudor a nivel de la piel del trabajador. Otro método es el encerramiento de fuentes de calor y superficies calientes, utilizando barreras como materiales aislantes reflectivos y/o absorbivos, como por ejemplo los colores brillantes que reflejan el calor y la utilización de asbesto que actúa como aislante.

Un control de ingeniería que puede actuar sobre el individuo es la implementación de un control remoto que permite aumentar la distancia del trabajador con el proceso de calor o haciendo que el trabajador permanezca con ambiente con aire acondicionado.

3.17.1.4 Controles administrativos. Es importante la socialización, capacitación, divulgación e importancia de los efectos deletéreos de la exposición a calor con sus respectivas actas de asistencia y confirmación de la información recibida. Además es imperativo conocer medidas mínimas de primeros auxilios en trabajadores con exposición laboral.(50)

En la organización laboral debe existir un programa de aclimatización laboral para los trabajadores con exposición inicial a este tipo de ambientes, en donde el primer día se debe trabajar con el 50% de la carga laboral. Esto se puede incrementar de manera gradual un 10% diariamente hasta llegar a la capacidad plena productiva. El proceso de aclimatización puede tener una duración de 5 a 7 días para un trabajador sano, cuando este presenta comorbilidades en donde puede demorar el proceso una semana adicional, es importante el suministro de líquidos de manera regular en especial a los trabajadores que inician el proceso de aclimatización. Cuando las personas trabajadoras han estado ausentes de sus actividades cotidianas laborales mayor de una semana es importante el reinicio de su proceso de aclimatización. (11)

Un control administrativo importante es la limitación de la duración de la exposición, es importante determinar que los periodos de descanso se deben tomar por fuera de las condiciones normales de trabajo, ya que esta recuperación depende de las condiciones termohigrométricas del área de descanso. Otra medida a implementar es la adecuación de un microclima en el puesto de trabajo, puede ser adaptando el puesto de trabajo; sea implementando cabinas climatizadas, destinando a la población trabajadora aéreas de descanso adecuadas en lo posible con duchas y la posibilidad de cambio de ropa.(8)

Es vital para el proceso de empresas que se exponen a temperaturas extremas adecuar el proceso de aclimatización a trabajadores nuevos, temporales, reingresos de vacaciones durante un promedio de 6 a 12 días dependiendo del esquema que aplique la empresa. Este proceso de aclimatización consiste en trabajar el 50% el primer día de la jornada laboral de la exposición a calor e ir incrementando el 10% cada día hasta llegar al 100% de la jornada laboral el día sexto o decimosegundo. (50)

Sin embargo la empresa debe detectar en su población trabajadora personas con dificultades en la aclimatización como los obesos, personas con patologías de enfermedades cardiovasculares y mujeres, en donde el proceso de aclimatización debe realizarse con mayor vigilancia.

Las OSHA (Administración Americana de Salud Ocupacional) propone dos esquemas para el proceso de aclimatización, dependiendo del trabajador si es la primera vez que se expone a puestos de calor: 20% de la jornada el primer día e incrementos de 20% cada día, hasta completar el 100%. Si ya tiene experiencia en este tipo de trabajo: 50% el primer día, el segundo día, 80% el tercer día y 100% el cuarto día. (24)

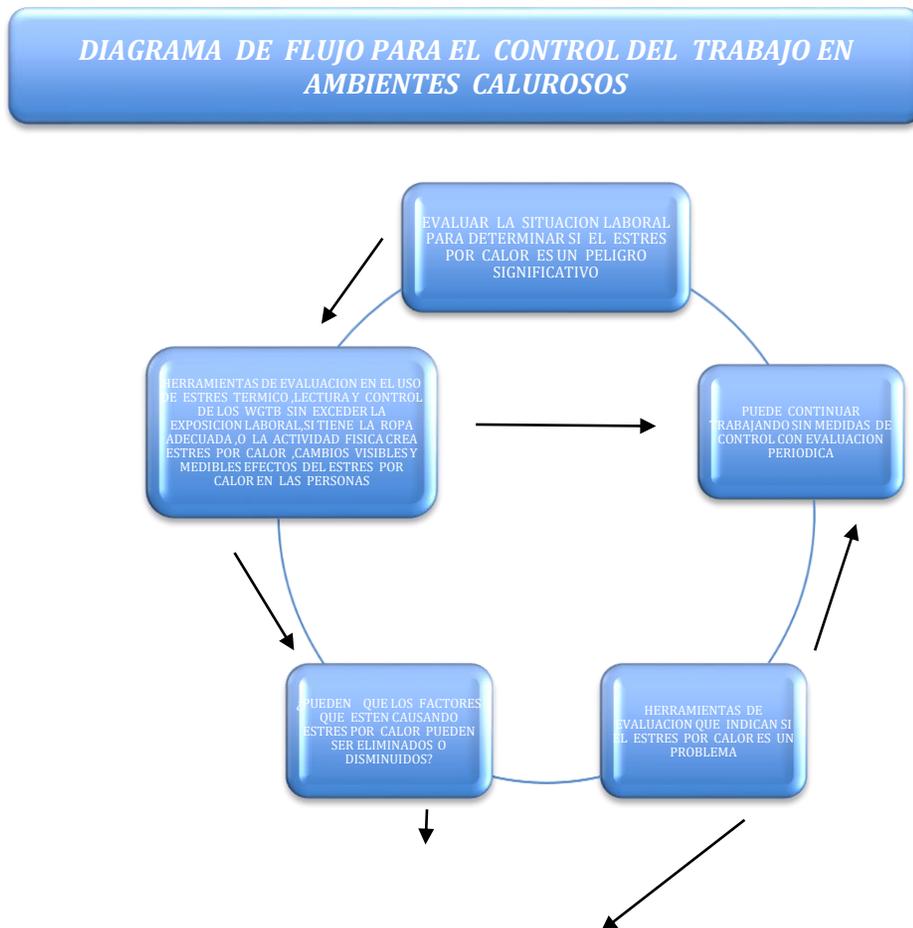
Un control importante para evitar la aparición de la patología que sobreviene por la exposición al calor es la hidratación de la población trabajadora; la empresa debe disponer de fuentes de agua potable y fresca cerca al lugar de trabajo y de acuerdo a las necesidades de cada trabajador en este aspecto. Además es fundamental la capacitación, motivación de este aspecto a la población trabajadora, ya que es vital para prevenir la aparición de desordenes por calor.

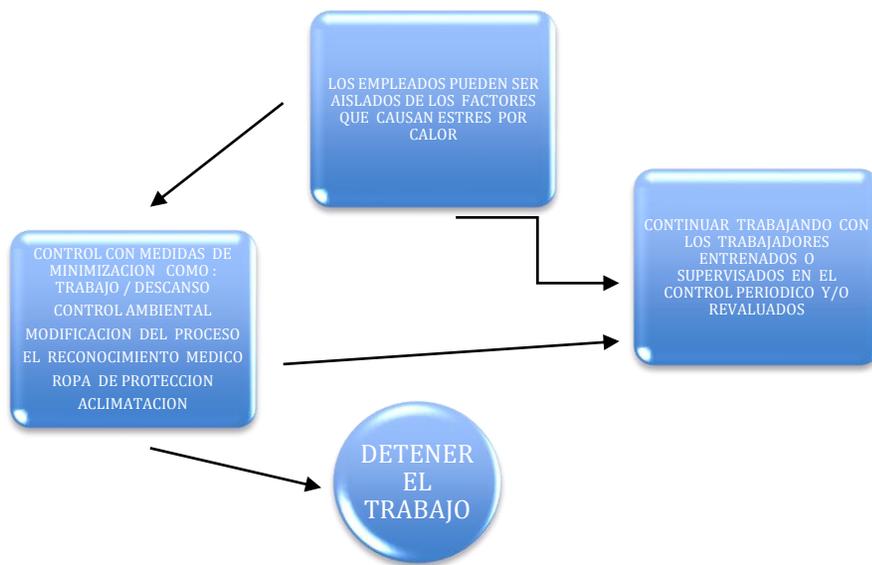
Un control administrativo importante es el control médico, exceptuando los controles de ley, es importante hacer chequeos de personas con exposición a este factor de riesgo físico por problemas en sus sistemas cardiovasculares y respiratorios. Es importante colocar en el sistema de vigilancia epidemiológica programas de monitoreo de los trabajadores, en donde se debe tener en cuenta a trabajadores con carga metabólica superiores a 500 Kcal/hora y personas con impermeables en sitios con temperaturas por encima de 21°C. Este monitoreo se debe hacer con dosímetros de calor en donde se miden la frecuencia cardíaca, temperatura oral, la sudoración y la pérdida de peso durante la jornada laboral. Con este dispositivo se mide la tasa de recuperación cardíaca, indicador fiable de la estabilización de la termorregulación humana, en caso de no haber recuperación a los 2.5 minutos confiere alto riesgo de enfermedades por calor, otro indicador de riesgo es que la temperatura oral al final de la jornada sin haber ingerido agua es mayor a 36.7 °C se debe disminuir tiempo laborado. Otra variable a tomar en cuenta es la disminución del peso corporal superior al 1.5% del peso al iniciar la jornada laboral, se debe incrementar la ingesta de líquido. Otra manera de reducir la exposición al calor es disminuir la cantidad de trabajo físico que una persona tiene que hacer en un ambiente de temperaturas extremadamente altas,

por ejemplo, utilizando una herramienta eléctrica en lugar de una herramienta de mano se reduce la cantidad de calor producido en el cuerpo. (50)(24)

3.17.1.5 Señalización. . En este aparte el control del factor de riesgo físico, la importancia de la señalización de las áreas cerradas que requiera un entrenamiento y aclimatización específica para laborar en ellas, divulgar las señales de peligro dentro de las instalaciones de empresas que manejan áreas de alta temperatura y establecer procesos de tipo industrial que permita la identificación adecuada para la minimización del riesgo. (20)

Figura No 3. Diagrama de flujo para el control del trabajo en ambientes calurosos.(24)





3.17.1.6 Equipos de protección personal. Otro método de control que se utiliza en el sistema de vigilancia epidemiológica para impactar el riesgo físico de temperaturas extremas son los equipos de protección personal. En el caso de la vestimenta, está en términos generales debe tener la característica de poseer material reflejante y/o tener una conductividad térmica baja, en lo posible evitar vestimenta ajustada ya que no permite la creación de cámaras de aire que disipan el calor en ambientes calurosos. Otra característica importante es su carácter de anti inflamable, recordando los equipos de protección contra el fuego en donde deben resistir temperaturas que sobrepasen el límite de inflamabilidad del tejido.(51)(46)

También existen vestidos interiores aislados y vestuarios con circulación de líquidos, estos últimos son menos frecuentes, el líquido utilizado es el agua.

3.17.2 Medida de control en ambientes fríos. Las medidas más eficaces y adecuadas para adaptar a los seres humanos al trabajo en ambientes fríos son la educación, formación y práctica, esta adaptación al frío depende de la conducta de las personas. La experiencia y los conocimientos son elementos importantes en este comportamiento.

Esta educación sobre ambientes fríos se debe suministrar una introducción básica a los problemas específicos del frío. Además deben ser informadas de las reacciones fisiológicas y subjetivas, los aspectos relacionados con la salud, el riesgo de accidentes y las medidas de protección, como el uso de prendas protectoras y las técnicas de primeros auxilios. Deben ser entrenadas gradualmente para las tareas que se les encomienda. Sólo después de un cierto

tiempo (días o semanas) deberán trabajar toda la jornada en condiciones extremas. (38)(50)

El registro y el análisis de accidentes y lesiones constituyen la mejor base para las medidas preventivas. La formación en primeros auxilios debe impartirse como un curso básico para todo el personal, aunque algunos grupos específicos deberán recibir un curso avanzado. Las medidas de protección son un componente esencial de cualquier programa de acondicionamiento y se describen con más detalle en la siguiente sección.(39)

3.17.2.1 Métodos de eliminación. . El lugar de trabajo debe estar protegido del viento y las velocidades del aire deben mantenerse por debajo de 1 m/s. También se debe implementar en lo posible en áreas estratégicas la instalación de calefactores locales (p. ej., radiadores infrarrojos) en los puestos de trabajo estacionarios facilitan el equilibrio térmico. (52)

3.17.2.2 Métodos de sustitución. El objetivo con este método de sustitución es reemplazar el factor de riesgo físico de ausencia de temperatura, es imposible en medios laborales en donde toda la cadena productiva está enfocada en alimentos perecederos que requieran una cadena de frío para mantener preservada y en otras áreas industriales en donde el proceso de producción requieran el frío para la obtención del producto. En este caso es importante limitar las áreas con mayor exposición a frío con periodos de descanso y trabajo regulados por la ACGIH.

3.17.2.3 Controles de ingeniería. Se deben implementar recomendaciones sobre la vigilancia del lugar de trabajo, entre ellas se tiene la termometría, cuando se tiene la temperatura sea inferior a 16 °, se deben activar estrategias de calefacción para no disminuir de este nivel de enfriamiento. También se realiza control de la velocidad del aire en interiores al menos cada 4 horas para determinar niveles de congelamiento, aunado a ello medición de la velocidad del viento en trabajos al aire libre y con temperaturas ambientales inferiores a -1 °C se debe hacer la determinación de la temperatura equivalente de congelación para distintas combinaciones de velocidad del aire y temperatura ambiente.(39)

3.17.2.4 Controles administrativos. Es nuestro medio es imperativo la educación, capacitación a la población trabajadora en situación de riesgo ante condiciones de frío, se deben tomar algunas recomendaciones sobre las condiciones climáticas en las que deberían adoptarse ciertas medidas. Se deben suministrar a los trabajadores prendas protectoras suficientes y adecuadas, deben tomarse precauciones especiales con los trabajadores de edad avanzada o con los trabajadores que sufren problemas circulatorios.(40)

Por debajo de una temperatura equivalente de congelación de -12 °C, los trabajadores deben someterse a una supervisión constante (vigilancia por un

compañero). Con temperaturas más bajas, se hace cada vez más importante que los trabajadores reciban formación sobre los procedimientos de seguridad y salud(39)

Siempre que el trabajo exija un cierto esfuerzo físico, puede conseguirse un equilibrio térmico seleccionando las prendas protectoras adecuadas. Los problemas especiales de las manos y los pies suelen exigir descansos periódicos cada 1,5 o 2 horas. El período de descanso debe ser suficientemente largo para permitir el recalentamiento (20 minutos).La manipulación manual de los productos congelados exige el uso de unos guantes protectores que proporcionen un aislamiento suficiente (sobre todo de la palma de la mano).Dependiendo de la disponibilidad de prendas protectoras, los regímenes de trabajo deberán organizarse con períodos de trabajo en ambientes fríos y ambientes cálidos y períodos de descanso en ambientes térmicamente neutros. Asimismo se debe implementar el sistema de trabajo por pareja o en equipo; trabaje en parejas para que así un trabajador pueda reconocer las señales de peligro en el otro y viceversa. (37)

En conclusión el entrenamiento es fundamental en el programa de vigilancia epidemiológica en temperaturas extremas en donde es impensable incluir:

- Conocimientos de los riesgos por calor y frío
- Reconocimiento de las enfermedades producto del calor y frío
- Capacitación en primeros auxilios en urgencias por calor y frío
- Responsabilidad por exposición innecesaria
- Peligro por uso de drogas o psicoactivos
- Importancia del uso de equipos de protección personal
- Programa de emergencia y la importancia dentro de la empresa

Podemos resumir y concluir a la vez que le objetivo principal de este aparte de prevención es nada más que la salud y la seguridad en el empleo para ello no obstante se impone obligaciones a los empleadores ,empleados ,directores y otras personas que no hace a nosotros como médicos ocupacionales del futuro promover a las empresas un excelente estado de salud y gestión de la seguridad por los empleadores.

3.17.2.5 Señalización. Este método cumple los mismos requisitos aplicables al área de calor, enfatizando en señalar a toda la población trabajadora las áreas o sitios de mayor riesgo de sufrir efectos o stress térmico por el frío.

3.17.2.6 Equipos de protección personal. La ACGIH (1992) ha realizado algunas recomendaciones sobre las condiciones climáticas en las que deberían

adoptarse ciertas medidas. Los requisitos fundamentales son los siguientes se deben proporcionarse a los trabajadores prendas protectoras suficientes y adecuadas, deben tomarse precauciones especiales con los trabajadores de edad avanzada o con los trabajadores que sufren problemas circulatorios.

Siempre que sea necesario, los trabajadores deberán utilizar prendas de abrigo contra el viento. Asimismo, deberán utilizar protectores oculares en condiciones especiales de exposición al sol y a superficies cubiertas de nieve. El uso de prendas de abrigo es la medida más importante para el control individual. Las capas múltiples de ropa permiten soluciones más flexibles que el uso de un único traje que incorpora la función de capas múltiples. No obstante, las necesidades específicas del trabajo determinarán cuál es el sistema más funcional. La ropa protege contra el enfriamiento. Pero también el exceso de ropa en ambientes fríos es un problema frecuente ya que puede incrementar el consumo metabólico al no disiparse el calor por convección. Es preferible el uso del gorro y guantes, también se recomienda el uso de ropa interior de polipropileno para mantener la piel seca. (39)(50)

Con temperaturas inferiores a 16 °C, las operaciones manuales de alta precisión exigen el calentamiento de las manos. Los mangos metálicos de las herramientas y barras deben cubrirse con materiales aislantes cuando su temperatura sea inferiores a -1 °C. El trabajador debe utilizar guantes anti contacto siempre que exista el riesgo de tocar superficies con temperaturas de -7 °C o inferiores. Con temperaturas inferiores a -17 °C deberán utilizar manoplas aislantes. Los líquidos volátiles a temperaturas inferiores a 4 °C deberán manipularse con precaución para evitar que salpiquen zonas de la piel desnudas o mal protegidas que puedan ocasionar daño corporal.

La tecnología de las fibras modernas ha producido numerosos materiales y tejidos nuevos para la fabricación de prendas de vestir. Ahora existen trajes que combinan la impermeabilidad al agua con una buena permeabilidad al vapor de agua, o un elevado aislamiento con menos peso o grosor. Con todo, es esencial que se seleccionen prendas con propiedades y funciones garantizadas y demostradas.(40)

La protección contra el frío depende principalmente del aislamiento térmico proporcionado por todo el conjunto de prendas. Claro está que propiedades como la permeabilidad al aire, al vapor de agua y al agua de la capa exterior en particular son esenciales para la protección contra el frío. Existen normas internacionales y métodos de ensayo para medir y clasificar estas propiedades, pero estas se nos escapan del objetivo del estudio.

3.19 NORMATIVIDAD EN NUESTRO MEDIO (12)(9)

La seguridad laboral en Colombia es tema de actualidad ya que las nuevas formas organizativas y productivas del país obligan a la estandarización de patrones, niveles mínimos de seguridad y exigencias adecuadas a las cambiantes formas de trabajo si se quiere competir con comunidades económicas internacionales. El primer documento en que se identifica la higiene industrial como elemento importante en la seguridad ocupacional corresponde al Decreto 614 de 1984, en donde se expone la exposición en el ambiente laboral de agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales, mecánicos, eléctricos y otros derivados de la organización laboral, en este documento se encuentra mención de la temperatura extremas como agentes físico presentes en la ámbito laboral. La normatividad Colombiana genero la Ley 562 que determino el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) que tiene como objetivo anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y salud en el trabajo; que enmarca la actual resolución 02400 de 1979, "Código de Salud Ocupacional" en lo que respecta a los estándares, normas técnicas, especificaciones, metodologías de evaluación y organismos de control técnico, que debe cumplir cualquier estación de trabajo en el país. Reformas tan importantes como la ley 100, el decreto 0614 de 1984, la resolución 1016 de 1989 y el decreto 1295 de 1994, sólo se enfocan por las gestiones organizativas y administrativas de la salud ocupacional y los riesgos profesionales. Además es necesario enfatizar que el Decreto 2090 lo tiene definido como tarea de alto riesgo para pago de pensión especial. (13) (53)

4. METODOLOGIA

Se realizará el trabajo a través de una metodología dinámica de recolección y análisis de información sobre temperaturas extremas, regulación fisiológica ante estas agresiones al organismo, formas de medición en ambientes laborales, factores de riesgo laborales personales como del ambiente y métodos de prevención y protección al trabajador en estos ambientes hostiles. Asimismo como el establecimiento de la exposición de que están sometidos los trabajadores en el área de trabajo mediante parámetros físicos como es la medición con el método WGBT, que es la medición que rige en el territorio nacional y de donde parte la implementación de panoramas de riesgo con su subsecuente matriz de riesgo. Esta información nos permitirá la implementación, desarrollo, y orientación de las actividades de prevención y control de dichos factores de riesgo en salud pública y básicamente en los programas de salud ocupacional de cada una de las empresas en las que sus trabajadores están expuestos a temperaturas extremas. (54) La información se depurará usando operadores booleanos, límites, términos MESH, además de emplear la herramienta Zotero para ordenar la bibliografía segu las normas vancouver.

Se realizará una búsqueda en las bases de datos PubMed, Md Consult, OVID, UpToDate, Lilacs, EBSCO, Medline complite, Google Scholar, además de la literatura impresa en las bibliotecas adscritas a la red G8.

Este proceso investigativo tiene un enfoque netamente bibliográfico y exploratorio en la realidad regional adaptándose a la normatividad existente, además como actividad intelectual se extraen información más relevante para expresarlo de manera práctica para todos los actores que intervienen en la organización laboral, tales como empleador, empleados, sectores de salud ocupacional en ámbito público y privado de la economía colombiana.

4.1 TIPO DE ESTUDIO

Se concibió como un estudio descriptivo contextualizado en un capítulo de Libro.

4.2 POBLACION DE REFERENCIA

Se revisaran dentro de la argumentación del trabajo estas tipos de fuentes que están descritas en las referencias bibliográficas.

- Fuentes Primarias son aquellos documentos originales que contienen información fidedigna sin haber sido alterados o distorsionados para otros

fines tales como monografías, publicaciones periódicas indexadas, tesis, documentos oficiales, trabajos presentados en seminarios.

- Fuentes Secundarias son aquellos documentos o materiales impresos que tienen datos de fuentes originales pero que han sido interpretados con algún propósito, entre estos tenemos las compilaciones, resúmenes, y listados de referencia, entre estas se incluyen documentos emitidos por organizaciones internacionales como la OIT y entes gubernamentales tales como la NIOS; ACGIH, además de regulación en esta áreas por ministerios de trabajo de España, Nueva Zelanda y Canadá, estos últimos países con un enfoque netamente preventivo.(7)

4.3 VARIABLES PRELIMINARES

En este trabajo al ser de tipo descriptivo la utilización de variables fueron las tenidas en cuentas para la selección de material bibliográfico para la realización del capítulo de libro. Las características de esta búsqueda bibliográfica deben poseer:

- Bibliografía no mayor de 15 años.
- Literatura en Inglés y Español
- Términos MESH relacionados (work, temperature, cold, heat, occupational, hazard, environment, thermal comfort, thermic, calor, frío, temperatura, extremas, ocupacional, refrigeración), heat stress disorders, Hot Temperature.

5. CONCLUSIONES

En esta revisión de literatura exhaustiva acerca del manejo en planes de vigilancia epidemiológica en ambientes ocupacionales con factor de riesgo físico de temperaturas extremas, se cumplieron los objetivos específicos contemplados al inicio del trabajo de grado, en el cual se revisaron fuentes bibliográficas de gran peso como la Organización Internacional del Trabajo (OIT), Ministerio de España en su Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) en donde se hizo extensiva la aplicación de los valores límites permisibles (TLV) según la normatividad aplicada en el territorio nacional; lo cual convierte en material útil de referencia para aplicación e implementación de sistemas de vigilancia epidemiológica en salud respecto a este factor de riesgo en el ambiente físico.

No hay duda que los apartes tratados en este capítulo de libro nos confirman que las temperaturas extremas se asocian a riesgos importantes para la salud de las personas en los ambientes laborales, lo importante es enfatizar que las temperaturas excesivas constituyen un serio peligro para la salud de los grupos considerados como de alto riesgo para quienes realizan una actividad laboral o física intensa al aire libre, teniendo en cuenta a personas mayores, no aclimatizados, discapacitados o trabajadores con patologías crónicas comórbidas y personas con alto nivel de exigencia física.

Cada vez que se inicie una tarea por exposición a temperaturas extremas en el ámbito ocupacional se deben tener en cuenta datos tales como el medio ambiente, fuentes de calor, períodos de exposición importante determinar característica de permanencia o intermitencias en la exposición, presencia de estrés térmico, características demográficas de la población expuesta como las tipologías antropométricas, sexo, grupo étnico, su índice de masa corporal y el uso de elementos de protección personal incluida ropa especial para labores determinadas. En la mayoría de los casos los empleadores deberán tomar en cuenta las condiciones meteorológicas presentes y previstas correspondientes a organizar un trabajo de exposición al frío, vigilar dichas condiciones mientras se efectúa un trabajo de larga duración.

Las exposiciones al frío en cambio son la resultante de situaciones aleatorias y/o accidentales las cuales no se pueden evitar en la mayoría de los casos, se considera un ambiente frío a aquellas situaciones donde el balance térmico determinado sobre la base de los intercambios de calor por convección y radiación son negativos. En este tipo de ambiente se deben

especificar en el diseño de las tareas para reducir al mínimo el riesgo de accidente, es importante que en las empresas y en las industrias sus instalaciones tengan elementos de primeros auxilios y de personal capacitado para proveer atención primaria cuando se requiera, ya que se comportaría como un accidente de trabajo. Esto también se aplicaría en patologías agudas secundarias a la exposición por calor.

Por su impacto como riesgo físico en una matriz de riesgo laborales , la temperatura extremas en el ambiente laboral inciden en el decremento de su rendimiento laboral por lo tanto en la productividad de la empresa , por lo cual es menester conocer y respetar los límites establecidos para no afectar al trabajador. Por lo tanto estos factores deben ser controlados y reducidos al máximo posible con el objeto de revertir la tendencia de ausentismos, accidentes laborales y enfermedad profesionales.

Es imperativo que los empleadores deberán evaluar las situaciones de peligro y los riesgos para la seguridad y la salud que entrañan las condiciones térmicas a sus trabajadores y definir los controles necesarios para suprimir esas situaciones de peligro y reducirlos al nivel mínimo practicable. Esto siguiendo la normatividad existente en el territorio colombiano en donde el pilar de este control es la educación, detección de señales de peligro en ambientes térmicos no confortables.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ibarra E, González A, Linares T. VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA E INDICADORES DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO EN CUBA. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 2001;39(1):52-60.
2. Oficina Internacional del Trabajo. Los problemas sociales y laborales en las explotaciones mineras pequeñas [Internet]. Ginebra; 1999 may. Recuperado a partir de: <http://ilo-mirror.library.cornell.edu/public/spanish/dialogue/sector/techmeet/tmssm99/tmssmr.htm>
3. Bonet J. Minería y desarrollo económico en el Cesar [Internet]. Cartagena: Banco de la República - CEER; 2007 ene. Report No.: 85. Recuperado a partir de: <http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/regional/documentos/DTSER-85.pdf>
4. Accidentes de trabajo por formas no traumáticas [Internet]. Recuperado a partir de: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/1999/3/artFondoTextCompl.pdf
5. Henao Robledo F. Riesgos físicos. Bogotá: Ecoe; 2008.
6. Saltin B, Gagge AP, Stolwijk JA. Muscle temperature during submaximal exercise in man. J Appl Physiol. diciembre de 1968;25(6):679-88.
7. FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL LABORATORIO DE PRODUCCION. TEMPERATURA PROTOCOLO Curso de Higiene y Seguridad Industrial [Internet]. 2008. Recuperado a partir de: http://www.escuelaing.edu.co/programas/ing_industrial/laboratorios/LCTR/temperatura.pdf
8. Workplace Safety and Health Division. Guideline for Thermal Stress. Manitoba Labour and Immigration; 2007.
9. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Ind Health. julio de 2006;44(3):368-79.
10. D' Ambrosio Alfano FR, Palella BI, Riccio G. Thermal environment assessment reliability using temperature--humidity indices. Ind Health. 2011;49(1):95-106.
11. Workplace Safety & Health Division M, editor. Guideline for Thermal Stress [Internet]. 2007. Recuperado a partir de: <http://www.safemanitoba.com/uploads/guidelines/thermalstress.pdf>

12. Colombia. Ministerio de la Protección Social. Sistema general de riesgos profesionales : legislación. Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2008.
13. García AA, Henriques Ardila V, González Castaño A. APROXIMACIÓN A UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO [Internet]. 2001. Recuperado a partir de: <http://www.unalmed.edu.co/~emat/pdf/25.pdf>
14. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers [Internet]. Recuperado a partir de: <http://www.ashrae.org/>
15. Ramirez Aramayo EE. Metodología de Evaluación Ergonómica Ambiental Pos ocupacional Para Espacios Públicos. [Bolivia]: Universidad Internacional de Andalucía; 2010.
16. Zhang ZF, Vena JE, Zielezny M, Graham S, Haughey BP, Brasure J, et al. Occupational exposure to extreme temperature and risk of testicular cancer. Arch. Environ. Health. febrero de 1995;50(1):13-8.
17. Informe Científico de un Grupo de la OMS. Problemas de salud relacionados con el trabajo en condiciones de sobrecarga térmica. Imprenta de la OMS Suiza; 1969.
18. Hernberg S. Introducción a la epidemiología ocupacional. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 1995.
19. Idrovo, AJ, Eslava JC, Ruiz-Rodríguez M, Rodríguez JM. La otra transición epidemiológica: hitos en el desarrollo de la epidemiología de los factores de riesgo en Colombia. Biomédica. 2008;28:480 - 496.
20. Henao Robledo F. Riesgos físicos. Bogotá: Ecoe; 2008.
21. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES DE ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma técnica de prevención NTP 923: Estrés térmico y sobrecarga térmica: Evaluación de los riesgos (II). Madrid; 1998.
22. Niebel B, Freivalds A. Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo. México: Alfaomega; 2004.
23. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma técnica de prevención NTP 779: Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables. Madrid; 2001.
24. Francisco Vighi Arroyo. Salud y Seguridad Laboral en ambientes térmicos.

25. Kroemer KHE, Kroemer HJ, Kroemer-Elbert KE. Engineering physiology : bases of human factors engineering/ergonomics. Berlin: Springer; 2010.
26. Ishida M. The physiological responses to walking uphill under hot environment. Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. junio de 1975;22(2):127-44.
27. New Zealand. Occupational Safety & Health Service. Guidelines for the management of work in extremes of temperature. Wellington, N.Z.: Occupational Safety & Health Service, Dept. of Labour; 1997.
28. Enander AE, Hygge S. Thermal stress and human performance. Scand J Work Environ Health. 1990;16 Suppl 1:44-50.
29. Cortés Díaz JM. Seguridad e higiene del trabajo: técnicas de prevención de riesgos laborales. Madrid: Tébar; 2007.
30. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma técnica de prevención NTP 501: Ambiente térmico: inconfort térmico local. Madrid; 2001.
31. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma técnica de prevención NTP 279: Ambiente térmico y deshidratacion. Madrid; 2001.
32. González-Alonso J. Human thermoregulation and the cardiovascular system. Exp. Physiol. marzo de 2012;97(3):340-6.
33. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma técnica de prevención NTP 74: Confort térmico. Madrid; 2004.
34. Kingma B, Frijns A, van Marken Lichtenbelt W. The thermoneutral zone: implications for metabolic studies. Front Biosci (Elite Ed). 2012;4:1975-85.
35. Pascoe DD, Shanley LA, Smith EW. Clothing and exercise. I: Biophysics of heat transfer between the individual, clothing and environment. Sports Med. julio de 1994;18(1):38-54.
36. Racinais S, Oksa J. Temperature and neuromuscular function. Scand J Med Sci Sports. octubre de 2010;20 Suppl 3:1-18.
37. Stellman JM. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo 3. [España]: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales; 1999.

38. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma tecnica de prevencion NTP 462: Estrés por frio: evaluación de la exposicion laboral. Madrid; 2004.
39. Mäkinen TM, Hassi J. Health problems in cold work. *Ind Health*. julio de 2009;47(3):207-20.
40. Holmér I. Work in the cold. Review of methods for assessment of cold exposure. *Int Arch Occup Environ Health*. 1993;65(3):147-55.
41. Kamon E. Ergonomics of heat and cold. *Tex. Rep. Biol. Med*. 1975;33(1):145-82.
42. Kjellstrom T, Crowe J. Climate change, workplace heat exposure, and occupational health and productivity in Central America. *Int J Occup Environ Health*. septiembre de 2011;17(3):270-81.
43. Marian C. Marbury. Adverse Working Conditions and Premature Delivery. *American Journal of Public Health*. agosto de 1991;Vol. 81(No. 8):973-4.
44. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES DE ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma técnica de prevención NTP 922: Estrés térmico y sobrecarga térmica. Evaluacion de los riesgos (I). Madrid; 1998.
45. ICONTEC [Internet]. Icontec Internacional Colombia. Recuperado a partir de: <http://www.icontec.org.co/index.php?section=1>
46. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Calor y Trabajo. Prevencion de riesgos laborales debidos al estrés térmico por calor. Madrid; 2005.
47. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Nortma técnica de prevención NTP 322: Valoracion del riesgo de estrés térmico: índice WGBT. Madrid; 2002.
48. ACGIH - Industrial Hygiene, Environmental, Occupational Health & Safety Resource [Internet]. [citado 27 de mayo de 2013]. Recuperado a partir de: <http://www.acgih.org/>
49. Normas ISO 8996. Calor metabólico. *Ergonomics – Determination of Metabolic Heat Production*. 1990.
50. Stellman JM. Encilopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. Capitulo 42 Calor y Frio. [España]: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales; 1999.

51. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma técnica de prevención NTP 867: Ropa de proteccion para bomberos forestales. Madrid; 1995.
52. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, INSITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Norma técnica de prevención NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire. Madrid; 2004.
53. Republica de Colombia. Decreto 614 de 1984.
54. EMPRESAS AFILIADAS A.R.P. LIBERTY ADMINISTRADORA DE RIESGOS PROFESIONALES. PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL - UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA - SECCIONAL [Internet]. 2005. Recuperado a partir de: www.lacomuna.com.co/archivos/programa_de_salud_ocupacional.doc
55. Distinguish between Primary and Secondary Sources [Internet]. Recuperado a partir de: <http://library.ucsc.edu/help/howto/distinguish-between-primary-and-secondary-sources>