



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DELEGACIÓN 4 SURESTE DEL DISTRITO FEDERAL

HOSPITAL GENERAL DE ZONA No. 32 VILLA COAPA

“ESTRÉS POR CALOR EN TRABAJADORES DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PLÁSTICOS”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MEDICO ESPECIALISTA EN

MEDICINA DEL TRABAJO

P R E S E N T A:

DR. SAÚL ARMANDO HERRERA BELMARES

ASESOR: DR. LEOPOLDO MELENDEZ RIVERA

COASESOR: ING JUAN ALFREDO SÁNCHEZ VÁZQUEZ

MÉXICO, D.F., AGOSTO 2009





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Dedicada para la Mujer que me dio la vida, que supo educarme y apoyarme en todos estos años. Por tu infinito amor, cariño y comprensión, ya que sin tu apoyo no habría llegado al lugar donde estoy, gracias **Madre**.

Deseo expresar mis más sinceras muestras de agradecimiento:

A la memoria de mi **Abuela**, por todos sus cuidados y enseñanzas.

A mi **Padre**, por el apoyo brindado.

A **Alejandro**, por tu amor, paciencia, comprensión y motivación durante todo este tiempo.

A mi **Familia** en especial a mi **Hermano, Alfredo, Tía Sara, Tía Elsa y Tía Paty** por creer y confiar siempre en mí, apoyándome en todas las decisiones que he tomado en la vida.

A mis **Amigos** por compartir un sueño más.

A mis **Profesores** por compartir su conocimiento y experiencia desinteresadamente.

Al M. en C. Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez por el apoyo brindado en este proyecto.

Al Dr. Leopoldo Meléndez Rivera por su confianza y asesoría brindadas durante la realización de este proyecto.

RESUMEN

ESTRÉS POR CALOR EN TRABAJADORES DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PLÁSTICO

Herrera Belmares Saúl Armando, Meléndez Rivera Leopoldo.
Hospital General de Zona No. 32 Villa Coapa, Instituto Mexicano del Seguro Social.

INTRODUCCIÓN: El estrés térmico es un problema de salud en el trabajo, factor importante en muchas situaciones industriales, que puede afectar gravemente a la productividad y la salud de las personas y disminuir la tolerancia a otros peligros ambientales¹⁹. La exposición continua y constante de los trabajadores a temperaturas elevadas puede producir en los trabajadores molestias en su organismo y enfermedades recurrentes de tipo general. El estrés por calor se produce cuando el entorno de una persona; temperatura del aire, temperatura radiante, humedad, velocidad del aire, su ropa y su actividad interactúan para producir una tendencia a que la temperatura corporal aumente. Por consiguiente, se espera que la tensión fisiológica de calor experimentada por un individuo será en relación con el total de estrés térmico al que está expuesto, a la necesidad de mantener la temperatura corporal dentro de un rango relativamente estrecho¹⁹. Así con un alto nivel de estrés por calor puede predisponer a los trabajadores a llevar a cabo actos inseguros por lo cual se aumenta el riesgo de accidentes en temperaturas extremas^{10, 15}. En nuestro país no existen estudios sobre las condiciones térmicas elevadas, ni sobre las repercusiones a la salud de los trabajadores expuestos.

OBJETIVOS: Identificar el estrés térmico en los trabajadores de una empresa manufacturera de plásticos.

METODOLOGÍA: En este estudio de tipo observacional descriptivo transversal; se realizó el estudio de condiciones térmicas elevadas de una empresa manufacturera de plásticos en base a la NOM-015-STPS-2001 y posteriormente se tomaron muestras sanguíneas para determinar niveles séricos de glucosa, creatina, nitrógeno ureico y de electrolitos (sodio potasio y cloro) en trabajadores expuestos a condiciones térmicas elevadas además de los parámetros clínicos de tensión arterial, peso corporal, temperatura central y axilar y frecuencia cardíaca.

RESULTADOS: Se estudio a un total de 32 trabajadores, el 78.1% completaron el estudio. Se obtuvo un TGBH promedio de 29.74 ± 1.74 °C. El Estrés por Calor obtenido fue de 65.19 ± 17.13 %. La diferencia entre la temperatura central antes y después de la actividad laboral se obtuvo una $p=0.0001$; para los niveles séricos de glucosa antes y al final de la actividad laboral se obtuvo una $p=0.0001$; para la creatinina se obtuvo una $p=0.0014$ y para el Nitrógeno Ureico (BUN) se obtuvo una $p= 0.564$.

CONCLUSIONES: Se rebasó el Límite Máximo Permisible que se maneja en la NOM-015-STPS-2001. Los trabajadores del área de Rotomoldeo presentan estrés por calor. Se encontraron diferencias significativas de la temperatura central, una disminución de los niveles de glucosa al final de la jornada laboral, un aumento de la creatinina y BUN, y una disminución del cloro, lo que nos habla de una inadecuada reposición de líquidos.

INDICE

	Pagina(s)
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	30
III. JUSTIFICACIÓN	31
IV. OBJETIVOS	32
V. SUJETO, MATERIAL Y MÉTODO	33
VI. RESULTADOS	44
VII. DISCUSIÓN	49
VIII. CONCLUSIONES	53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
X. ANEXOS	58

I. INTRODUCCION

El ser humano protegido puede tolerar variaciones de la temperatura ambiental entre -50°C y 100°C , una persona puede tolerar una variación de sólo aproximadamente 4°C en la temperatura corporal profunda sin que se produzca una disminución del rendimiento óptimo físico y mental.⁶

Los cambios en la temperatura pueden llegar a afectar las estructuras celulares, los sistemas enzimáticos y numerosas reacciones químicas dependientes de la temperatura y procesos físicos que tienen lugar en el cuerpo. Los límites máximos que puede tolerar la célula viva van desde aproximadamente 0°C formación de cristales de hielo hasta 45°C coagulación de las proteínas intracelulares. Aunque el ser humano solo puede soportar por periodos cortos temperatura internas menores a 35°C y mayores a 41°C .²

Para mantener este control de la temperatura dentro de los límites, el cuerpo ha desarrollado respuestas fisiológicas al estrés térmico agudo cuya finalidad es conservar, producir y eliminar el calor corporal. El extremo caliente es más problemático que el frío, el mecanismo de control para la regulación de la temperatura está particularmente preparado para proteger los tejidos corporales contra el sobrecalentamiento.²

La capacidad del cuerpo para regular la temperatura depende de una serie de factores entre los cuales se encuentran la temperatura del ambiente, la aclimatación, la humedad, el viento, las prendas de vestir, las condiciones médicas preexistentes y el uso de medicamentos⁹.

El mecanismo básico de las enfermedades relacionadas con el calor es la incapacidad del organismo para disipar el calor producido por la actividad metabólica, a menudo resultado del aumento de la temperatura ambiental⁹.

El resultado de numerosas investigaciones indica que la relación entre la temperatura y la morbi-mortalidad suele tener forma de "U" o de "V" con una temperatura de mínima incidencia que varía de un lugar a otro y que depende de la adaptación de la población al rango de temperaturas a las que se encuentra expuesta. En cuanto a la distribución temporal el efecto del calor ocurre a corto plazo 1 a 3 días mientras que el frío ocurre entre una y dos semanas, lo que es coherente con los mecanismos biológicos que subyacen. Se define como ola de calor aquel periodo en que la temperatura máxima diaria supere el percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias. La duración de la ola de calor vendrá marcada por el número de días consecutivos que superen dicho umbral. Es claro que los extremos térmicos asociados al cambio climático van a tener un efecto directo sobre la morbi-mortalidad. El impacto de las olas de calor se va a traducir en un aumento de la morbi-mortalidad asociada con estos eventos extremos⁷.

Durante la ola de calor que afectó Europa en agosto de 2003, hubo 14,800 víctimas solo en Francia y 4,277 (28.9%) de esas víctimas fueron diagnosticadas con golpe de calor, hipertermia y deshidratación¹¹.

Cada año, millones de personas están expuestas a los peligros del calor extremo. Estudios epidemiológicos indican que la incidencia del golpe de calor en las zonas urbanas de los Estados Unidos durante periodos muy calientes es aproximadamente de 20 casos por 100 000 habitantes y el golpe de calor representa 240 muertes anuales en los Estados Unidos^{4, 10}.

Se calcula que en Estados Unidos 6 millones de trabajadores están expuestos a estrés térmico y con reportes de víctimas mortales en los ámbitos de la construcción, la agricultura, la silvicultura, pesca y la manufactura⁹.

El estrés térmico es un problema de salud en el trabajo, factor importante en muchas situaciones industriales, eventos atléticos y escenarios militares, que puede afectar gravemente a la productividad y la salud de las personas y disminuir la tolerancia a otros peligros ambientales¹⁹. Así con un alto nivel de estrés por calor puede predisponer a los trabajadores a llevar a cabo actos inseguros por lo cual se aumenta el riesgo de accidentes en temperaturas extremas^{10, 15}.

La Organización Mundial de la Salud ha recomendado un límite máximo para los trabajadores de temperatura central de 38°C y por lo tanto la limitación de la producción de calor metabólico a 325 vatios o menos¹⁴.

Las operaciones al aire libre en elevadas temperaturas y elevada humedad, aunado a una actividad física extenuante tienen un alto potencial de inducir estrés térmico en trabajadores que realizan dicho trabajo como por ejemplo los trabajadores de la construcción. Estudios epidemiológicos revelan que la muerte por golpe de calor en el campo profesional se produce en 27°C o más de la temperatura de globo de bulbo húmedo. La relación entre la humedad relativa y la temperatura de bulbo seco, mostró que la muerte por golpe de calor se produce a 34°C o más de la temperatura de bulbo seco cuando la humedad relativa es inferior al 40%. Por otro lado, se produce entorno de 28 a 30°C de temperatura de bulbo seco cuando la humedad relativa es más del 65%. Demostrando que la humedad relativa juega un papel importante en la muerte ocasionada por golpe de calor. En consecuencia el riesgo de golpe de calor es con frecuencia más elevado en verano⁸.

Nes et al en 1990 reportan que el estrés térmico es un problema importante en una planta de aluminio. Sus resultados mostraron una considerable diferencia en el estrés térmico en las distintas operaciones de la planta así como variaciones en el calor de un día para otro y en diferentes estaciones del año¹⁵.

Equilibrio térmico

La temperatura corporal profunda se mantendrá dentro de un límite muy estrecho de $\pm 1^\circ\text{C}$ en todo el cuerpo en reposo, se acepta una temperatura de 37°C . Para lograr este objetivo, el equilibrio de la temperatura corporal requiere un constante intercambio de calor entre el cuerpo y el medio ambiente. El tipo y la cantidad de calor se rige por las leyes fundamentales de la termodinámica¹⁹.

El importe total de la energía en un sistema permanece constante (primera ley de la termodinámica). Sin embargo, esta energía puede convertirse de una forma u otra. Cuando se trabaja o se realiza ejercicio, los seres humanos convierten la energía química almacenada en cinética y energía térmica. La eficacia es entorno del 20% aproximadamente, así el 80% de la energía química no contribuirá al trabajo externo pero aparecerá en forma de calor¹⁴.

La principal fuente de calor para el organismo es la producción de calor metabólico (M), con una eficiencia mecánica máxima, entre el 75 al 80 % de la energía implicada en el trabajo muscular se libera en forma de calor. En reposo, una tasa metabólica de 300 ml de O_2 por minuto crea una carga térmica de aproximadamente 100W. El trabajo en estado estable con un consumo de oxígeno de 1 l/min genera aproximadamente 350W de calor, menos cualquier energía asociada al trabajo externo (W)².

El calor puede absorberse del medio ambiente por radiación (R) y convección (C) si la temperatura del globo y la temperatura del aire sobrepasan respectivamente la temperatura cutánea, que en realidad, se convierten en fuentes de pérdida de calor cuando se invierte el gradiente térmico de la piel al aire. El último proceso de termolisis, es el de evaporación (E), suele ser el más importante, puesto que el calor latente de la evaporación del sudor es bastante elevado, aproximadamente 680W-h/l de sudor evaporado².

En ambientes fríos o térmicamente neutros, la termogénesis se equilibra con la termolisis, no se almacena calor y la temperatura corporal se equilibra; es decir:

$$M - W \pm R \pm C - E = 0$$

Ahora bien, cuando la exposición al calor es más intensa:

$$M - W \pm R \pm C > E$$

Se almacena calor. Los trabajos pesados (con un elevado gasto de energía que aumenta M-W), unas temperaturas ambientales demasiado altas (que aumentan R + C), una elevada humedad (que limita E) y el uso de prendas de vestir gruesas o relativamente impermeables (que crean una barrera para la evaporación del sudor), dan lugar a este tipo de escenario.

Cuando la temperatura aumenta la tasa metabólica basal aumenta considerablemente, así por cada aumento de 0.6°C de la temperatura central hay un 10% de aumento en la tasa metabólica basal⁹.

Termorregulación

El organismo puede dividirse en dos componentes: el núcleo o centro y la periferia. La temperatura del núcleo (T_c) representa la temperatura corporal interna o profunda y se puede medir en la boca, recto, esófago o membrana timpánica. La temperatura de la periferia está representada por la temperatura cutánea media (T_{sk}). La temperatura corporal media (T_b) es en todo momento un equilibrio ponderado de estas temperaturas:

$$T_b = k T_c + (1+k) T_{sk}$$

En donde el factor de ponderación (k) varía entre aproximadamente 0.67 y 0.90. Así cuando el organismo se enfrenta a condiciones que se alejan de la neutralidad térmica intenta controlar la T_c mediante ajustes fisiológicos y T_c constituye la principal fuente de retroinformación para que el cerebro coordine dicho control. La T_{sk} varía mucho con la temperatura ambiente, con un valor medio de 33°C en condiciones de termoneutralidad y alcanzando 36 o 37°C en condiciones de trabajo pesado en ambientes calurosos. Los umbrales superior e inferior del dolor para los valores de T_{sk} son aproximadamente de 43°C y 10°C para el calor y frío respectivamente².

Los principales métodos con que se pierde calor desde la piel al entorno son: la radiación, la conducción y la evaporación. Por la radiación una persona pierde cerca del 60% de todo el calor, esto significa la pérdida de calor en forma de rayos de calor infrarrojos que tienen una longitud de onda de 5 a 20 micrómetros, es decir, 10 a 30 veces las longitudes de onda de los rayos luminosos. Con la conducción directa se pierde un 3%, con la conducción aérea se pierde un 15% ya que la energía cinética del movimiento molecular y las moléculas de la piel están en continuo movimiento vibratorio, este movimiento puede transferirse al aire si está más frío que la piel, con lo que aumenta la velocidad de movimiento, dicha pérdida esta autolimitada, a menos que el aire calentado se aleje de la piel fenómeno denominado convección del aire. En la evaporación el agua se evapora de la superficie corporal, por cada gramo evaporado se pierde 0.58 calorías (kilocalorías) de calor. El agua continúa evaporándose de manera insensible con una velocidad de 450 a 600ml/día. La pérdida de calor es continua a razón de 12 a 16 calorías/hora. Las pérdidas insensibles no pueden controlarse ya que obedecen a una difusión continua de las moléculas de agua a través de la piel y las superficies corporales, pero la evaporación del sudor se puede controlar regulando la tasa de sudoración. Cuando la temperatura del medio ambiente es mayor el cuerpo gana calor a través de radiación y conducción y el único medio que dispone el cuerpo para la pérdida de calor es la evaporación, esto es a partir de temperaturas superiores a los 20°C^{1,9}.

La temperatura del cuerpo está regulada casi en su totalidad por mecanismos nerviosos de retroalimentación que operan a través de centros termorreguladores situados en el hipotálamo. La región encefálica principal que influye en el control de la temperatura corporal son los núcleos preóptico e hipotalámico anterior, constituida por múltiples neuronas sensibles al calor y hasta un tercio de neuronas sensibles al frío. La velocidad de descarga de las neuronas sensibles al calor se multiplica de 2 a 10 veces cuando la temperatura corporal aumenta 10°C. El control de la temperatura corporal se establece principal en el hipotálamo, la zona que se estimula es la región hipotalámica posterior, a la altura de los cuerpos mamilares, ahí se transmiten las señales de la región hipotalámica anterior, preóptica y periférica y se combinan para regular las reacciones productoras y conservadores de calor. En la piel existen mucho más receptores para el frío que para el calor, a una razón de 10 veces más¹.

El sistema que controla la temperatura utiliza tres mecanismos esenciales para reducir el calor corporal cuando la temperatura del cuerpo es excesiva:

- 1) Vasodilatación: los vasos sanguíneos se dilatan debido a la inhibición de los centros simpáticos del hipotálamo posterior, que produce vasoconstricción, la vasodilatación multiplica la tasa de transferencia de calor a la piel hasta ocho veces.
- 2) Sudoración: el efecto sudoríparo se incrementa al aumentar la temperatura corporal. Todo incremento adicional de 1°C de la temperatura corporal causa la sudoración suficiente para eliminar 10 veces la tasa basal de producción corporal de calor.
- 3) Disminución de la producción de calor: los mecanismos de producción de calor como la tiritona y la termogénesis química se inhiben.

Existe una temperatura central crítica situada casi siempre exactamente en 37.1°C, ya que suceden cambios espectaculares en las tasas tanto de pérdida como de producción de calor. Este nivel de temperatura se denomina punto de ajuste del mecanismo de control de la temperatura, es decir, todos los mecanismo de control de la temperatura tratan en todo momento de llevar a la temperatura corporal a este nivel de punto de ajuste.

La piel, los tejidos subcutáneos y la grasa actúan como aislante térmico del cuerpo, la grasa conduce el calor con un tercio de la velocidad de los otros tejidos. La velocidad del flujo venoso varía desde un 0 hasta un 30% del gasto energético total, así si el flujo cutáneo aumenta, el calor se conduce con enorme eficiencia desde el centro del cuerpo hasta la piel, y si la tasa de perfusión de la piel se reduce la conducción de calos desde el centro es muy pequeña¹.

Vasodilatación periférica

La cantidad de calor transferido del núcleo a la periferia depende del flujo sanguíneo periférico (FSP), y el gradiente de temperatura entre el centro y la periferia y el

calor específico de la sangre ($4\text{kJ}/^{\circ}\text{C}$ por litro de sangre). En reposo la piel recibe aproximadamente entre 200 y 500ml/min de flujo sanguíneo lo que representa de un 5 a 10% del gasto cardiaco. En condiciones de hipertermia severa o trabajo pesado en condiciones elevadas, el gradiente térmico es menor y el flujo sanguíneo periférico aumenta para aumentar la transferencia de calor, alcanzando el flujo sanguíneo entre 7 a 8 l/min, casi la tercera parte del gasto cardiaco².

El flujo sanguíneo periférico es el principal responsable del aumento de T_c y en menor medida de T_{sk} . La T_c aumenta al iniciarse el trabajo muscular y la producción de calor metabólico al alcanzar un cierto umbral, el flujo sanguíneo empieza también a aumentar rápidamente. Además tal relación se ve influida por factores no térmicos como un segundo nivel de control crítico para modificar el flujo sanguíneo cuando la estabilidad cardiovascular se ve amenazada. Con la distensión de las venas se acumula el volumen circulatorio facilitando el intercambio de calor al hacer la circulación por los capilares más lenta aumentando el tiempo de tránsito, sin embargo dicha acumulación sumada a la pérdida de líquidos, reduce la velocidad del retorno de la sangre al corazón. Entre los factores no térmicos se encuentran las posturas erguidas, la deshidratación y la respiración con presión positiva².

En ambientes calurosos la frecuencia cardiaca es mayor con cualquier intensidad de trabajo, para compensar el menor volumen sanguíneo central y el menor volumen sistólico. Con niveles superiores de trabajo se alcanza la frecuencia cardiaca máxima que es incapaz de mantener el gasto cardiaco necesario. La segunda manera de aumentar el flujo sanguíneo periférico es reduciendo el flujo sanguíneo en zonas viscerales, principalmente hígado, riñón e intestinos, lo que da un aumento adicional de 800 a 1000 ml en el flujo sanguíneo periférico.

Regulación de la sudoración

La estimulación de la zona preóptica del hipotálamo anterior por la electricidad o por el exceso de calor produce sudoración. Los impulsos se transmiten por el sistema nervioso autónomo a la medula espinal y luego por la vía simpática hasta la piel de todo el cuerpo¹.

El sudor es secretado por entre 2 y 4 millones de glándulas sudoríparas ecrinas, repartidas de manera no uniforme por la superficie del cuerpo, al contrario que las glándulas sudoríparas apocrinas. Las glándulas ecrinas secretan sudor siendo un sudor inodoro, incoloro y relativamente diluido puesto que se trata de un ultrafiltrado de plasma, motivo por el cual posee un elevado calor latente de evaporación y es ideal para los fines de la termólisis².

Las glándulas sudoríparas ecrinas están inervadas por fibras colinérgicas, pero que viajan en los nervios simpáticos junto con las fibras adrenérgicas con lo cual también pueden estimularse con adrenalina, este hecho tiene importancia ya que durante el

ejercicio la medula suprarrenal secreta estas hormonas y el cuerpo debe desprenderse del exceso de calor generado por la actividad física.

Las glándula sudorípara es una estructura tubular compuesta por dos elementos: una porción arrollada subdérmica y profunda donde se secreta el sudor y un conducto que sale hacia afuera a través de la dermis y de la epidermis de la piel. El líquido segregado denominado secreción primaria o secreción precursora, sus concentraciones se modifican al paso por el conducto, esta secreción induce las fibras nerviosas simpáticas colinérgicas. La composición de este líquido es semejante a la del plasma pero no contiene proteínas plasmáticas, así las concentraciones de sodio son de 142mEq/L y de cloruro de 104mEq/L al estimularse las glándulas ligeramente el líquido pasa por el conducto y se reabsorben los iones descendiendo las concentraciones hasta 50mEq/L, esto reduce la presión osmótica del líquido así el agua también se reabsorbe concentrando la mayoría de los demás componentes. En consecuencia si la sudoración es lenta, algunos componentes como la urea, el ácido láctico y los iones potasio están normalmente muy concentrados. Las concentraciones de los iones sodio y cloro alcanzan un máximo de 50 a 60mEq/L y las concentraciones de urea es dos veces la del plasma, la del ácido láctico unas cuatro veces y las del potasio 1.2 veces¹.

El control de la sudoración es similar al control del flujo sanguíneo periférico, teniendo un nivel umbral y una relación lineal con el aumento de la T_c . La sudoración se ve modificada por factores no térmicos, como la hidratación insuficiente o la hiperosmolaridad.

Cuando una persona sana no aclimatada se expone a un clima caliente durante 1 a 6 semanas empieza a sudar cada vez más, alcanzando una tasa máxima de sudor de hasta 2 a 3L/hr, esta evaporación llega a eliminar el calor del organismo con una velocidad más de 10 veces superior a la tasa normal de producción de calor. La aclimatación también reduce la concentración de cloruro de sodio, casi todo el efecto es consecuencia de una mayor secreción de aldosterona que se da por el descenso de cloruro de sodio en el líquido extracelular. Así una persona no aclimatada pierde de 15 a 30grs de sal al día y una persona aclimatada pierde de 3 a 5grs al día¹.

Con una tasa de sudoración adecuada, la pérdida de calor por evaporación depende en definitiva del gradiente de la presión de vapor de agua, entre la piel húmeda y el aire que la rodea. Así, una elevada humedad ambiental y el uso de prendas gruesas o impermeables limitan la pérdida de calor por evaporación, mientras que el aire seco, las corrientes de aire sobre el cuerpo y una prenda de vestir fina y porosa facilitan la evaporación. La pérdida de calor por evaporación pueden también verse limitada por la capacidad del organismo para producir sudor.

Aparte de los mecanismos subconscientes del control de la temperatura corporal, existen otros mecanismos de control denominados conductuales de la temperatura, es decir, cuando la temperatura interna del cuerpo se eleva en exceso, las señales de las

regiones encefálicas que regulan la temperatura dan a la persona una sensación psíquica de sobrecalentamiento. Así la persona procede a la adaptación ambiental pertinente para restablecer la situación agradable

Factores que influyen en la termorregulación

Davies en 1981 demostró que la respuesta térmica de los niños es cuantitativamente diferente a la de los adultos jóvenes, la pérdida de evaporación del sudor es menor en niños y la temperatura de la piel es más alta para las mismas condiciones que un adulto joven¹⁵.

Las evidencias sugieren que la tolerancia al calor se reduce en personas mayores. (Robinson 1963 y Lind et al 1970). Ya que tardan más en empezar a sudar y tarda más tiempo para que su temperatura corporal regrese a niveles normales¹⁵.

Las mujeres tienen una menor conductancia de los tejidos en el frío y una mayor conductancia de los tejidos en el calor que los hombres. Kamon y Frye en 1983 observaron que no hay diferencias en la eficiencia del sudor entre ambos sexos pero las mujeres mantienen una mayor eficiencia en la sudoración que los hombres en calor húmedo¹⁵.

Efectos del estrés por calor en el organismo

Los flujos de calor entre el organismo y el medio ambiente dependen de la diferencia de temperatura entre el aire circundante y objetos y la temperatura superficial de la persona.

La temperatura superficial está regulada por mecanismos fisiológicos como variaciones en el flujo sanguíneo periférico y la evaporación del sudor antes ya explicados.

El intercambio de calor seco por convección y radiación se reduce en ambientes cálidos, el cuerpo absorbe calor de su entorno, así la evaporación del sudor adquiere una importancia cada vez mayor al aumentar la temperatura ambiente y la velocidad del aire y la humedad ambiental son factores ambientales críticos en ambientes calurosos.

Una evaluación del desempeño mental durante la exposición al calor o al frío se ve obstaculizada por variaciones subjetivas. En general se observa un deterioro cuando la temperatura ambiente supera los 30 a 35°C en un individuo aclimatado sin embargo en un individuo no aclimatado el límite superior para una óptima función es de 25°C. El deterioro se observa en la capacidad de rendimiento que se refiere disminución de la manipulación, destreza y coordinación, debilidad visual, capacidad para permanecer alerta durante un tiempo prolongado y la capacidad de tomar decisiones rápidas¹⁵.

Efectos de la sudoración

Una pérdida de sudor de tan solo el 1% del peso corporal, afecta considerablemente al rendimiento laboral, lo que se manifiesta en un aumento de la frecuencia cardiaca, unos 5 latidos/min por cada 1% de pérdida de agua corporal y de la temperatura interna del organismo. La sudoración produce una pérdida de electrolitos principalmente Na y Cl, aunque en menor medida Mg y K ².

Trastornos por calor

Una elevada temperatura ambiente, una elevada humedad, un esfuerzo extenuante o una disipación insuficiente del calor pueden causar una serie de trastornos provocados por el calor. Son cinco los problemas debidos a la exposición de ambientes calientes: golpe de calor, agotamiento por calor, calambres por calor, síncope por calor y alteraciones de la piel⁵.

Los calambres por calor, el agotamiento por calor y el golpe de calor tienen importancia clínica. Los mecanismos responsables de estos trastornos sistémicos son una insuficiencia circulatoria, un desequilibrio hídrico y electrolítico y/o hipertermia. El más grave de todos ellos es el golpe de calor, que puede provocar la muerte si no se trata rápida y correctamente³.

Alteraciones de la piel

La miliaria es causada por la retención de sudor como consecuencia de la obstrucción de los conductos de las glándulas sudoríparas. Se presentan en tres formas: miliaria cristalina, miliaria rubra y miliaria profunda²⁰.

El eritema ígneo se caracteriza por nódulos hiperqueratósicos luego de estar en contacto directo con calor insuficiente para provocar una quemadura. El intertrigo resulta por diaforesis excesiva y se observa en individuos obesos, la piel de los pliegues se ve eritematosa y macerada. La urticaria por calor puede ser localizada o generalizada y se caracteriza por ampollas con eritema circundante²⁰.

El tratamiento consiste en la reducción de la exposición, reducción de la diaforesis y control de síntomas, los antihistamínicos ayudan en el prurito de la urticaria y los corticosteroides no son benéficos.

Síncope por calor

El síncope es una pérdida repentina del estado de conciencia y se debe a una vasodilatación cutánea, que conduce a una hipotensión sistémica y cerebral. Se presentan después de 2hrs de un trabajo extenuante. La piel se encuentra fría y húmeda, el pulso débil, la presión sistólica se encuentra por debajo de los 100mmHg. El tratamiento consiste en acostar al paciente, enfriarlo y administrar líquidos por vía oral²⁰.

Calambres por calor

Se debe a la depleción de sodio causada por una restitución del sudor perdido con agua sola. Durante el ejercicio, un atleta poco condicionado pierde de 1 a 2 L de líquido y 65mEq/L de sodio por hora mientras que un atleta aclimatado pierde de 3 a 4 L de líquidos por hora con una pérdida de sodio de solo 5mEq/L⁹.

Se caracterizan por contracciones musculares lentas y dolorosas y espasmos intensos que duran de 1 a 3 minutos. La piel se encuentra húmeda y fría y los grupos musculares comprometidos se encuentran duros y la temperatura se encuentra normal o ligeramente elevada. En los datos de laboratorio se encuentra hiponatremia y hemoconcentración²⁰.

El tratamiento se debe llevar al paciente a un lugar fresco y dar soluciones balanceadas con sales o solución salina por vía oral, no se recomiendan las tabletas de sal.

Agotamiento por calor

Es el trastorno más común resultado de una exposición prolongada al calor con una ingestión insuficiente de sal y agua. La principal característica es una deficiencia circulatoria causada por depleción hídrica y/o salina. Existen dos tipos de agotamiento por calor: el provocado por depleción hídrica y el provocado por depleción salina. Se manifiesta con una temperatura corporal central superior a 37°C pero inferior a 40°C^{4,9}.

El agotamiento por calor producido por depleción hídrica aparece de una intensa y prolongada sudoración y una ingesta insuficiente de agua. Se caracteriza por sed, debilidad, fatiga, ansiedad, oliguria, taquicardia e hipertermia moderada. El tratamiento consiste en trasladar a la víctima a un lugar fresco, reponer los líquidos perdidos por vía oral o intravenosa. La deshidratación de más del 3 % del peso corporal debe siempre tratarse con reposición de agua y electrolitos⁴.

El agotamiento por calor como consecuencia de depleción salina se produce tras una intensa y prolongada sudoración y una reposición insuficiente de agua y sales. Aparece unos días después de la depleción hídrica. Los síntomas más frecuentes son cefalea, debilidad, fatiga, náuseas, vómitos, diarrea, anorexia, espasmos musculares y confusión mental. En los análisis de sangre se observa un menor volumen plasmático, un aumento del hematocrito y de los niveles plasmáticos de proteínas e hipercalcemia, deben vigilarse la osmolaridad o la densidad específica de la orina, así como las concentraciones plasmáticas de urea, sodio y cloro, la temperatura corporal y la ingesta de agua y sales⁴.

Golpe de calor

El golpe de calor es una urgencia médica, causado por una falla en la regulación térmica manifestada por disfunción cerebral con alteración del estado mental, hiperpirexia, signos vitales alterados, piel seca y caliente. Existen dos tipos principales de golpe de calor: golpe de calor clásico y golpe de calor por esfuerzo. La forma clásica se presenta en condiciones de calor extremo en personas con capacidad alterada para la disipación de calor. El golpe de calor por esfuerzo resulta de un ejercicio extenuante. La temperatura oscila entre 40°C a 44°C con informes de hasta 47°C²⁰.

El golpe de calor se define por tres criterios:

1. Hipertermia severa con una temperatura interna superior a 42 °C.
2. Alteraciones del sistema nervioso central.
3. Piel caliente y seca con cese de la sudoración⁹.

En las pruebas de laboratorio se encuentran leucocitosis por deshidratación, disminución del potasio, calcio y fosforo sérico; aumento del nitrógeno ureico, hemoconcentración, disminución de la coagulación sanguínea y orina concentrada con proteinuria cilindros tubulares y mioglobinuria, puede haber trombocitopenia, aumento del tiempo de sangrado y coagulación, fibrinólisis¹⁵.

El tratamiento está orientado a la reducción rápida de la temperatura central y control de efectos secundarios. Los métodos de refrigeración se clasifican como externos e internos, los externos incluyen el enfriamiento por evaporación y de inmersión. El enfriamiento por evaporación brinda una reducción rápida de la temperatura, se despoja de la ropa y se rociara con agua fría a 15°C y con aire caliente a 45°C, las tasas de enfriamiento con esta técnica se han medido en 0.31°C por minuto. La inmersión es un baño en hielo o uso de mantas con bolsas de hielo en la axila, ingle, cuello y cabeza, se consideran menos eficaces que la refrigeración por evaporación; los inconvenientes de la inmersión incluye la aparición de vasoconstricción periférica y escalofríos cuando la piel se enfría por debajo de 30°C, aunque esta respuesta puede ser superado a través de masajes periféricos. Los métodos de refrigeración interno son el lavado gástrico, por vejiga o recto con agua fría. Una vez que el paciente está estable y con una temperatura rectal de 38.3°C o menos la refrigeración puede ser interrumpida para prevenir la inducción de hipotermia^{4, 9, 11}.

Se debe evitar el riesgo de hipoxia y aspiración, considerando la intubación y administración de oxígeno al 100%. Los antipiréticos están contraindicados. Se debe proporcionar líquidos por vía intravenosa y corrección de alteraciones electrolíticas y vigilar diuresis manteniéndola por arriba de 50ml/hr².

Las complicaciones del golpe de calor agudas son la insuficiencia renal aguda y crónicas son lesiones del sistema nervioso central y son permanentes en el 20% de los casos y se asocian a mal pronóstico⁴.

Los factores de riesgo de muerte son condiciones médicas preexistentes, tales como cardiopatías, neumopatías, enfermedad mental y aislamiento social⁴.

La tasa de supervivencia es de 90 a 100%, sin embargo, en determinadas ocupaciones la tasa de mortalidad es alta, por ejemplo en los bomberos la mortalidad por golpe de calor puede aproximarse a 80%. La mitad de todas las muertes por calor ocurren en personas mayores de 65 años. Además las personas con enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, diabetes y trastornos del sistema nervioso central tienen un mayor riesgo de hospitalización por golpe por calor⁹.

Rehidratación

Los efectos de la deshidratación por la pérdida de sudor pueden remediarse bebiendo la cantidad suficiente de líquidos para reponer el sudor, el rendimiento laboral mejora si el trabajador ingiere líquidos al mismo tiempo que realiza la actividad.

Existen problemas importantes. En primer lugar la mayoría de las personas no sienten la necesidad de beber hasta que han perdido entre 1 y 2L de agua corporal, y si están muy motivadas para realizar un trabajo pesado, pueden sufrir pérdidas de hasta 3 y 4L antes de que una sed les obligue a parar y beber; en segundo lugar, el tiempo necesario para reponer un gran déficit hídrico es muy largo, más de 12 horas, y existe un límite en la velocidad a la que el agua puede pasar del estómago al intestino y la absorción de agua en el intestino tiene un tope de unos 1,5l/h durante el trabajo. Paradójicamente, la deshidratación reduce la capacidad de absorción de agua en el intestino¹.

Se han efectuado estudios sobre distintas bebidas para reponer el agua, los electrolitos y los depósitos de hidratos de carbono y los principales hallazgos han sido: la cantidad de líquido que puede utilizarse está limitada por la velocidad de vaciado gástrico, cuyo máximo es de unos 1000ml/h; el líquido hiperosmótico reduce la velocidad y el líquido isosmótico pasa a la misma velocidad que el agua; la adición de pequeñas cantidades de sal y azúcar aumenta la velocidad de absorción de agua en el intestino².

El método más simple para determinar si la ingesta de líquido ha sido adecuada es pesar al individuo en condiciones estándar. Aun una reducción del peso corporal entre 1 y 2% puede presentar un deterioro en el desempeño físico.

El sudor contiene entre 1 y 3g de NaCl por litro, lo más importante es la ingesta de cloruro sódico con la dieta, que varía según los hábitos alimenticios entre 10 y 30gr al día. Es una cantidad normalmente mucho mayor de la necesaria, de manera que el exceso se excreta a través de los riñones, un proceso controlado por múltiples mecanismos hormonales, a su vez controlados por los estímulos procedentes de los osmorreceptores del cerebro y los riñones en respuesta sobre todo a la osmolalidad del Na⁺ y el Cl⁻ en la sangre y en el líquido renal, respectivamente¹.

En los países industrializados ha aumentado la venta de bebidas para deportistas que contienen cloruro sódico, potasio e hidratos de carbono. Suelen tener estas bebidas un elevado contenido de sal y deben mezclarse con volúmenes iguales o mayores de agua antes de su consumo.

Evaluación del estrés por calor

El estrés por calor se produce cuando el entorno de una persona, su ropa y su actividad interactúan para producir una tendencia a que la temperatura corporal aumente. El sistema de regulación térmica del organismo responde para aumentar la pérdida de calor. Tal respuesta puede ser poderosa y eficaz, pero puede también producir un estrés en el organismo que origine molestias, enfermedades o incluso la muerte. Por tanto, es importante evaluar los ambientes calurosos para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores.

Los índices de estrés por calor proporcionan herramientas para evaluar ambientes calurosos y estimar el estrés térmico al que pueden verse expuestos los trabajadores.

Índices de estrés por calor

Un índice de estrés por calor es un único número que integra los efectos de seis parámetros básicos en cualquier ambiente térmico al que puede verse expuesto un ser humano, de tal manera que su valor varía dependiendo del estrés térmico experimentado por la persona expuesta a un ambiente caluroso.

La mayoría de los índices de estrés por calor consideran, ya sea directa o indirectamente, que el principal factor de estrés para el organismo es el relacionado con la sudoración.

Los índices basados en la evaporación del sudor al ambiente son útiles cuando las personas mantienen la temperatura corporal interna principalmente a través de la sudoración. Se dice que estas condiciones están en la zona prescriptiva. Así, la temperatura corporal interna permanece relativamente constante, mientras que la frecuencia cardíaca y el nivel de sudoración aumentan con el estrés por calor. En el límite superior de la zona prescriptiva, la regulación térmica es insuficiente para mantener el equilibrio térmico y la temperatura corporal aumenta. Se denomina zona de urgencia ambiental. En esta zona, el almacenamiento de calor está relacionado con la temperatura corporal interna y puede utilizarse como un índice para determinar los tiempos de exposición permisibles.

Durante más de un siglo se ha intentado construir un índice, que describa el estrés térmico satisfactoriamente. Los numerosos índices que se han propuesto se pueden clasificar en tres grupos: los índices racionales, los índices empíricos, y los índices directos. Los 2 primeros grupos son índices sofisticados, que integran el medio ambiente y las

variables fisiológicas, que son difíciles de calcular y no son viables para el uso diario. Los índices racionales se basan en cálculos para los que se utiliza la ecuación del equilibrio térmico y los índices empíricos se basan en el uso de ecuaciones obtenidas a partir de las respuestas fisiológicas de los seres humanos. El último grupo, los índices directos, se compone de los índices simples, que se basan en la medición de variables ambientales básicas, en este grupo están con un uso de más de cuatro décadas: el "Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo" (TGBH) y el "Índice Discomfort" (DI)¹⁹.

Índices Racionales

Índice de Estrés por Calor (ISC)

El índice de estrés por calor es la proporción entre la evaporación necesaria para mantener el equilibrio térmico (E_{req}) y la evaporación máxima que podría conseguirse en ese ambiente (E_{max}), expresada como porcentaje.

El índice de estrés por calor está pues relacionado con el estrés, fundamentalmente en términos de sudoración corporal, para valores de entre -20 y 100. Con un ISC = 100, la evaporación necesaria es la máxima posible y representa el límite superior de la zona prescriptiva. Con un ISC >100, se almacena calor en el organismo y los tiempos de exposición permisibles se calculan en función de un aumento de 1,8°C de la temperatura interna del organismo. Con un ISC < 0 existe un ligero estrés por calor; por ejemplo, cuando los trabajadores se están recuperando de la exposición al calor.

Para el cálculo de Índice de Estrés al Calor se emplean las siguientes ecuaciones:

$$ISC = \frac{E_{req}}{E_{max}} * 100$$

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

$$R = 17.5(T_w - 95)$$

$$T_w = \left[(T_g + 460)^4 + 1.03 * 10^8 V^{0.5} (T_g - T_a) \right]^{0.25} - 460$$

$$C = 0.756V^{0.6}(T_a - 95)$$

$$E_{max} = 2.8 * V^{0.6} * (42 - VP_a)$$

Donde:

E_{req} = La evaporación requerida de pérdida de calor BTUH

M = Calor metabólico ganado, BTUH.

R = Calor ganado por radiación, BTUH.

C = Calor ganado por convección, BTUH.

E_{max} = Evaporación disponible de pérdida de calor, BTUH.

T_w = Temperatura media radiante, °F

T_g = Temperatura de globo, °F

V = Velocidad del aire, pie/min.

T_a = Temperatura del aire, °F

V_{pa} = Presión de vapor de agua del aire, mmhg.

Conversión de grados centígrados a grados Fahrenheit.

$$°F = (1.8 * °C) + 32$$

La presión de vapor de agua en el ambiente se obtiene relacionando la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo en la carta psicrométrica.

Dependiendo del tipo de actividad realizada de acuerdo a la Tabla A1 de la NOM-015-STPS-2001 Anexo 1 se considerará un gasto calórico. Empleando estos datos en las ecuaciones se realiza la siguiente conversión:

Conversión.

$$1 \text{ kcal} = 3.9657 \text{ BTU}$$

Valores del Índice de Estrés al Calor	
Valor ISC	Implicaciones higiénicas y fisiológicas de la exposición diaria durante 8 horas
-20	Suave estrés frío. Es condición frecuente en áreas donde los hombres se recuperan de la exposición al calor.
-10	
0	Situación neutra. Ausencia de estrés.
+10	Estrés térmico suave a moderado. Si el trabajo exige funciones intelectuales, destreza o especial atención puede esperarse una reducción entre moderada y sustancial en la calidad o rendimiento del trabajo. En trabajos físicamente pesados puede esperarse un ligero descenso del rendimiento respecto a condiciones térmicamente neutras.
+20	
+30	
+40	
+50	
+60	Estrés térmico muy severo. Solamente un pequeño porcentaje de la población está calificado para estos físicamente adecuados. Son necesarios períodos de descanso para hombres no aclimatados previamente. Debe esperarse una reducción en el rendimiento del trabajo físico. Es deseable la selección médica del personal eliminando para estos trabajos a aquellos que tengan problemas cardiovasculares, respiratorios o dermatitis crónicas. Condiciones inadecuadas
+70	

	cuando el esfuerzo mental exigido por el trabajo es apreciable.
+80 +90	Estrés térmico muy severo. Solamente un pequeño porcentaje de la población está calificado para estos trabajos. El personal será seleccionado previo reconocimiento médico para ensayos realizados en las condiciones de trabajo después de la aclimatación. Son necesarias medidas especiales de suministro de agua y sal. Debe reducirse la dureza del trabajo físico.
100	Es el máximo estrés tolerable diariamente por hombres jóvenes físicamente adecuados y previamente aclimatados.

Índices Directos

Índice de Temperatura del Globo Bulbo Húmedo

El índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (TGBH) es el más utilizado en todo el mundo. Fue desarrollado durante una investigación realizada por la Marina de Estados Unidos sobre los accidentes por calor que sufría el personal militar como una aproximación a la Temperatura Efectiva Corregida (TEC) más complicada de obtener, modificada para tener en cuenta la absorción solar de los uniformes militares de color verde^{2, 16}.

Los valores límites del TGBH se utilizaron para determinar cuándo los reclutas militares podían recibir instrucción. Se observó que los accidentes por calor y el tiempo perdido por interrupción de la instrucción se reducían cuando se utilizaba el índice TGBH en lugar de tan sólo la temperatura del aire.

El índice TGBH fue adoptado por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) en 1972, American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH) en 1990 e Internacional Organization for Standardization (ISO-7243) en 1989 y su uso se sigue recomendando hoy en día. En la norma NOM-015-STPS-2001, basada en el índice TGBH, se describe el método. Dicha norma incluye también las especificaciones de los instrumentos de medida, como son los valores límite del TGBH para personas aclimatadas y no aclimatadas.

Índices Empíricos

Temperatura efectiva y temperatura efectiva corregida

El índice de Temperatura Efectiva (TE) se creó inicialmente para proporcionar un método de determinación de los efectos relativos de la temperatura del aire y la humedad en la sensación de bienestar. Aunque en un principio era un índice de bienestar, la sustitución de la temperatura de bulbo seco por la temperatura del globo negro en los nomogramas de la TE proporcionó la Temperatura Efectiva Corregida (TEC). Los estudios

publicados por Macpherson en 1960 sugirieron que la TEC predecía los efectos fisiológicos de un aumento de la temperatura radiante media. En la actualidad, la TE y la TEC se utilizan rara vez como índices del bienestar, aunque se han utilizado como índices del estrés por calor. Bedford en 1940 propuso la TEC como un índice de calor, con límites superiores de 34°C para una eficiencia razonable y de 38,6°C para la tolerancia. Ahora bien, otras investigaciones han demostrado que la TE presenta importantes desventajas cuando se utiliza como índice del estrés por calor, razón por la cual se empezó a utilizar el índice de la tasa de sudoración prevista durante cuatro horas (TSP4) ².

Tasa de sudoración prevista durante cuatro horas

El índice de la tasa de sudoración prevista durante cuatro horas (TSP4) fue propuesto por McArdle y cols. en 1947 evaluado en Singapur durante 7 años de trabajo resumido por Macpherson (1960). Es la cantidad de sudor secretado por hombres jóvenes aclimatados y en buena forma física expuestos al ambiente durante 4 horas mientras cargan municiones en cañones durante una batalla naval. El número (valor de índice) que por sí sólo resume el efecto de los seis parámetros básicos es la cantidad de sudor producido por esa población específica, pero debe utilizarse como un valor de índice y no como una indicación de la cantidad de sudor en un determinado grupo de interés. Con todo, fuera de la zona prescriptiva (p. ej., TSP4 > 5l), la tasa de sudoración no parecía ser un buen indicador del estrés ².

Los nomogramas de TSP4 se ajustaron para intentar tener en cuenta este hecho. La TSP4 parece haber sido útil en las condiciones para las que se derivó; sin embargo, los efectos de la ropa se simplifican en exceso y es más útil como índice del calor almacenado. McArdle y cols. en 1947 propusieron una TSP4 máxima de 4,5l para que no se produjese la incapacidad de ningún hombre joven aclimatado y en buena forma física ².

Frecuencia Cardíaca

El estrés térmico puede representar una carga adicional en el sistema cardiovascular, manifestado por un elevado ritmo cardíaco. Por lo tanto la frecuencia cardíaca se convierte en una expresión de la magnitud de la carga adicional que se ejerce sobre el sistema cardiovascular cuando el cuerpo está expuesto a un cierto estrés por calor ¹⁵.

Rodahl y Guthe en 1991 reportan que la frecuencia cardíaca reacciona sorprendentemente rápida a la temperatura ambiente en un estudio sobre los efectos fisiológicos en una fábrica de vidrio ¹⁵.

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) describe un método para predecir la frecuencia cardíaca durante el trabajo y la recuperación. La temperatura corporal y la frecuencia cardíaca se miden durante el período de recuperación después de un ciclo de trabajo o en determinados momentos durante la

jornada de trabajo. Al final de un ciclo de trabajo, el trabajador se sienta en un taburete, se le toma la temperatura oral y se registran las siguientes tres frecuencias de pulso:

Determinación de Frecuencia Cardíaca
P1: Frecuencia de pulso medida entre 30 segundos y 1 minuto
P2: Frecuencia de pulso medida entre 1,5 y 2 minutos
P3: Frecuencia de pulso medida entre 2,5 y 3 minutos
Si $P3 \leq 90\text{lpm}$ y $P3 - P1 = 10\text{lpm}$, indica una carga de trabajo grande, aunque con sólo un pequeño aumento de la temperatura corporal.
Si $P3 > 90\text{lpm}$ y $P3 - P1 < 10\text{lpm}$, el estrés es demasiado grande y se deben adoptar medidas para diseñar el trabajo.
El principal criterio de estrés por calor es una temperatura oral de $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vogt y cols. en 1981 e ISO 9886 en 1992 propusieron un modelo que utiliza la frecuencia cardíaca para evaluar las condiciones térmicas:

El componente de carga térmica (posible índice de estrés por calor) puede calcularse a partir de:

$$\text{HRt} = \text{HRr} - \text{HR0}$$

Donde:

HRr: es la frecuencia cardíaca después de la recuperación.

HR0: es la frecuencia cardíaca en reposo en un ambiente térmicamente neutro.

Confort térmico

El confort térmico se define como: "la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico"¹⁹. Es decir, la comodidad es una sensación subjetiva. Basada en la definición de American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) la zona de confort térmico es una medida de las condiciones donde el 80% de sedentarios o personas ligeramente activas encuentran el medio ambiente térmicamente aceptable. En términos de condiciones climáticas aceptables, para temperaturas ambiente de confort sería ligeramente mayor en el verano que en invierno, siendo de $23\text{ a }27^{\circ}\text{C}$ y $20\text{ a }25\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

Fanger en 1970 define 3 parámetros para que una persona este en el confort térmico:

- a. El cuerpo está en equilibrio térmico.

- b. La tasa de sudor esta dentro de los límites de comodidad.
- c. La temperatura de la piel dentro de los límites de comodidad.

Estos requisitos conceptuales para determinar el confort térmico pueden ser expresados por términos apreciables como: temperatura corporal dentro de un rango muy reducido de 36.5 a 37°C, una temperatura de la piel de las extremidades en 30°C y una temperatura del cuerpo y la cabeza entre 34 a 35°C, y que el cuerpo quedará libre de sudoración. Toda desviación de estas afirmaciones dará como resultado una sensación de incomodidad. En otras palabras los resultados de desequilibrio de estrés térmico se da entre las exigencias impuestas al trabajador por la tarea y el medio ambiente, y el trabajador por la incapacidad para eliminar la carga de calor modificada por las prendas de vestir. De ello se deduce que el confort térmico está directamente relacionado con la evaporación del sudor. Esto puede ser expresada por la proporción de la demanda a la capacidad (E_{req}/E_{max}). Cuando esta relación es superior a 0,2 (20%), el trabajador se traslada de un "disconfort" o condición de "malestar". Cuando la proporción aumenta a 0.4-0.6, el trabajador está sujeto a la disminución de rendimiento. Por encima de 0,6, el trabajo se suele interrumpirse o se llevará a cabo sólo por un período limitado y por encima de 0,8 existe riesgo importante de enfermedad por calor¹⁹.

Sensación térmica y el confort térmico son fenómenos bipolares de "muy frío" a "muy caliente" con la sensación de confort o neutro en medio. Este continuo de sensaciones ha sido descrita por varias escalas. La calificación subjetiva de malestar y de los correspondientes correlatos fisiológicos se resume en siguiente tabla:

Puntuación		Sensación térmica	Sensación de Confort	Efectos térmicos	HSI
a	B	c	d	e	F
	9	Muy caliente	Muy incómodo	Calor no compensable	80
+3	8	Caliente	Incómodo		40-60
+2	7	Cálido	Ligeramente incómodo	Evaporación del sudor compensable	20
+1	6	Ligeramente cálido			
0	5	Confort (neutro)	Cómodo	Vasoconstricción Compensable	0
-1	4	Ligeramente fresco		Escalofríos	
-2	3	Fresco	Ligeramente incómodo		
-3	2	Frio			

	1	Muy frío	Incómodo	Frío no compesable	
--	---	----------	----------	-----------------------	--

Basado en: Goldman y Shapiro y Epstein¹⁹.

a. Escala térmica de acuerdo a ASRAE.

b. Escala térmica de acuerdo a Rohles.

f. El HSI es la proporción de la demanda de la evaporación del sudor a la capacidad de evaporación (E_{req} / E_{max}). Esto indica también el porcentaje de la piel, que es un buen predictor de malestar.

Norma ISO 7243

En 1957 Minard y Yaglou informaron sobre su estudio sobre el control de bajas por calor en los centro de formación militar en los Estados Unidos. El objetivo del estudio era definir las condiciones en las que el calor puede producir lesiones en los alumnos y desarrollar los límites de seguridad para el esfuerzo físico en el control del calor. El mecanismo que eligió fue un simple índice de estrés térmico llamado Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (TGBH) y que se utiliza en todo el mundo para controlar el estrés térmico en los militares, industriales, domésticos, deportivos y comerciales¹³.

Dicho índice se propuso con el fin de evitar el procedimiento de la determinación de elaborar el índice de Temperatura Efectiva Corregida (TEC) que es un índice empírico derivado de una serie de estudios de laboratorio en torno a 1920, el índice combina la temperatura, la humedad, la radiación y el viento en un solo valor, este método se sustituyó por el TGBH que se determina por dos lecturas, la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura del globo¹³.

ISO 7243 se publicó por primera vez en 1982 como parte de una serie de normas para la evaluación de los efectos térmicos en los entornos de las personas, y puede ser utilizado en forma complementaria para ofrecer una metodología de evaluación. Se divide en tres áreas principales calor, frío y entorno, el resto de las normas se divide en reacción humana al contacto¹³.

Dentro de esta serie de normas existen la ISO 7730 que proporciona un método analítico para la evaluación de ambientes moderados y el porcentaje de insatisfechos basados en los criterios para la incomodidad térmica local. La ISO 10551 es para las medidas subjetivas, y para los exámenes médicos de las personas que están expuestas a calor o frío se encuentra la ISO 12894.

Dentro de la ISO 7243 se encuentran las especificaciones para los sensores para la determinación de la Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo:

- El sensor de bulbo húmedo natural es de forma cilíndrica (6 ± 1 mm de diámetro y 30 ± 5 mm de longitud) con un rango de medición de $5 - 40^{\circ}\text{C}$ y una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, el apoyo del sensor es de 6 mm de diámetro y una mecha de color blanco de gran material absorbente (ejemplo algodón) cubre la totalidad de los sensores y de 20 mm del apoyo.

- Para la temperatura del globo, es un globo de color negro mate con un diámetro de 0.15m, con un rango de medición de 20 a 120°C con una precisión $\pm 0.5^\circ\text{C}$ a 50°C y de $\pm 1^\circ\text{C}$ a 120°C.
- El sensor de temperatura del aire debe estar protegido de los efectos de la radiación por un dispositivo que no limite la circulación del aire. Se debe medir en el rango de 10 a 60°C con una precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$

La TGBH el valor utilizado en la norma es una media ponderada en el tiempo y el espacio y se mide en un periodo de máximo estrés térmico.

La validez del índice de TGBH se relaciona con la forma en que el valor de la TGBH refleja el estrés térmico al que son sometidas las personas y la forma en que se refiere la tensión térmica. El principio de la norma es que la TGBH es un índice que se ve afectado por la totalidad de los factores básicos que son importantes para la respuesta humana al calor. Estos son la temperatura del aire, la temperatura radiante, la humedad y la velocidad del aire. La fiabilidad se refiere al número de veces que en condiciones idénticas en todo el mundo para evaluar el ambiente cálido daría el mismo resultado, la normalización de la ecuación de la TGBH así como los instrumentos de medición ofrecen una importante contribución para garantizar la fiabilidad¹³.

Para la estimación de la producción de calor metabólico y el tipo de actividad realizada la ISO 7243 proporciona un método para la selección de la tasa metabólica en cinco clases.

En condiciones extremas en todo el mundo el índice de TGBH se debe usar con cuidado en la interpretación. Si un ambiente caliente puede ser considerado seguro o no dependerá de la variedad y el tipo de acciones que una persona pueda tomar para reducir la exposición al estrés térmico esto es a menudo llamado “la oportunidad de adaptación”; dos ambientes con idénticos valores de TGBH pueden ser diferentes y por ende los riesgos asociados a la niveles de seguridad. Por ejemplo una persona que usa la ropa de protección y no tiene oportunidad eliminarla o de pasar a la sombra cuando trabaja en el sol, se encuentra en mucho mayor riesgo que una que tenga la oportunidad de hacerlo¹³.

Norma Oficial Mexicana (NOM-015-2001) sobre Condiciones Térmicas Elevadas o Abatidas. Condiciones de Seguridad e Higiene.

El Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, en su Título Tercero “Condiciones de Higiene” en su capítulo sexto sobre “Condiciones Térmicas del Medio Ambiente de Trabajo” señala en sus artículos:

Artículo 93. El patrón será responsable de que se elabore el programa de seguridad e higiene en los centros de trabajo en donde por los procesos y operaciones se generen condiciones térmicas capaces de alterar la salud de los trabajadores, en los términos y condiciones que establece la Norma respectiva¹⁷. (17)

Artículo 94. Será responsabilidad del patrón que se practiquen los exámenes médicos específicos a los trabajadores expuestos a condiciones térmicas capaces de alterar su salud, en los términos y condiciones que señalen las Normas correspondientes¹⁷.

Por su parte y derivado de dicho reglamento la autoridad laboral emite la Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001, CONDICIONES TERMICAS ELEVADAS O ABATIDAS - CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE.

En la cual se marca como objetivo:

“Establecer las condiciones de seguridad e higiene, los niveles y tiempos máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas extremas, que por sus características, tipo de actividades, nivel, tiempo y frecuencia de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores”⁵.

Dentro de su capítulo 4 define la terminología a usar en la norma, y entre las definiciones más relevantes podríamos mencionar:

- Condición térmica elevada: es la situación ambiental capaz de transmitir calor hacia el cuerpo humano o evitar que el cuerpo humano transmita calor hacia el medio en tal magnitud que pueda romper el equilibrio térmico del trabajador, y tienda a incrementar su temperatura corporal central.
- Condición térmica extrema: es la situación ambiental capaz de permitir una ganancia o una pérdida de calor en el cuerpo humano en tal magnitud que modifique el equilibrio térmico del trabajador y que ocasione un incremento o decremento en su temperatura corporal central, capaz de alterar su salud.
- Estrategia de medición ambiental: es el conjunto de criterios a partir del reconocimiento, que sirven para definir el número de mediciones, lugares, tiempo y frecuencia en que se practicarán, para obtener información representativa de la exposición del trabajador a condiciones térmicas extremas.
- Grupo de exposición homogénea: son todos los trabajadores expuestos a condiciones térmicas semejantes, tomando en cuenta el tiempo de exposición, el régimen de actividades, y el nivel térmico en el centro de trabajo.
- Límite máximo permisible de exposición (LMPE): es el nivel máximo de los indicadores térmicos del régimen de trabajo y del tiempo de exposición, que se relacionan con el medio ambiente laboral, y que no deben superarse durante la exposición de los trabajadores en periodos de trabajo definidos.
- Trabajador expuesto o personal ocupacionalmente expuesto (POE): son los trabajadores expuestos a una condición térmica extrema durante el desarrollo de sus actividades laborales⁵.

Su campo de aplicación es en todos los centros de trabajo del territorio nacional en los que exista exposición de los trabajadores a condiciones térmicas provocadas por fuentes que generen que la temperatura corporal de los trabajadores sea inferior a 36°C o superior a 38°C ⁵. Además marca las obligaciones del patrón y del personal ocupacionalmente expuesto.

En dicha norma se marca el procedimiento de evaluación y control para trabajadores expuestos a condiciones térmicas elevadas. Y menciona el método de evaluación para condiciones térmicas elevadas en su capítulo 9. Define el régimen de trabajo según la actividad y establece los límites máximo permisibles de exposición a condiciones térmicas elevadas (Anexo). En su apéndice B hace mención sobre la vigilancia que se debe tener del personal ocupacionalmente expuesto, sin embargo dicho apartado no es obligatorio de ser llevado a cabo por las empresas.

Por último hace mención que la vigilancia del cumplimiento de dicho norma corre a cargo de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social y refiere en su capítulo 15 sobre concordancia con normas internacionales menciona que coincide de manera parcial con algunos aspectos de la norma internacional ISO 7243 Hot Environments - Estimation of the Heat Stress on Working Man, based on the WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature 1992).

Prevención

Para prevenir el golpe por calor la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) establece que los trabajadores no deben ser autorizados a trabajar cuando su temperatura corporal profunda excede de los 38°C ⁸.

Algunas de las medidas adoptadas por la ingeniería para reducir el estrés térmico en los trabajadores son la ventilación general para diluir el aire caliente con aire más fresco desde el exterior, aire acondicionado que es un método de refrigeración el aire, ventiladores para aumentar el flujo de aire, protección y aislamiento, los trabajadores están autorizados a tomar descansos frecuentes o descansos en ambientes más frescos ⁸.

La Occupational Safety & Health Administration (OSHA) recomienda que se reduzca el ciclo de trabajo en un tercio si la frecuencia cardíaca es superior a 110 latidos por minuto y aumentar la ingesta de líquidos si el peso perdido es superior al 1.5% del peso corporal total en un día de trabajo ⁸.

El Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud afirma que un buen programa de entrenamiento de estrés térmico deberá incluir al menos los siguientes componentes:

- 1) Conocimiento de los peligros de estrés térmico.
- 2) Reconocimiento de los factores predisponentes, síntomas y signos de peligros.

- 3) Conciencia de primeros auxilios para los procedimientos, así como sus posibles efectos en la salud por golpe de calor.
- 4) Los empleados deben evitar las responsabilidades de estrés térmico.
- 5) Los peligros del consumo de drogas, incluida la terapéutica y el alcohol en el entorno del trabajo.
- 6) El uso de ropa y equipo protectores.
- 7) Programas de vigilancia médica y ventajas de la participación de los trabajadores en este tipo de programas ⁸.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La exposición continua y constante de los trabajadores a temperaturas elevadas puede producir en los trabajadores molestias en su organismo y enfermedades recurrentes de tipo general. El estrés por calor se produce cuando el entorno de una persona; temperatura del aire, temperatura radiante, humedad, velocidad del aire, su ropa y su actividad interactúan para producir una tendencia a que la temperatura corporal aumente. El sistema de regulación térmica del organismo responde para aumentar la pérdida de calor. Tal respuesta puede ser poderosa y eficaz, pero puede también producir un estrés en el organismo que origine molestias, enfermedades o incluso la muerte.

Los trabajadores son a menudo los más expuestos a estrés por calor ambiental, y esto puede deteriorar la eficiencia en el trabajo y la productividad e incluso poner en peligro la vida. Por consiguiente, se espera que la tensión fisiológica de calor experimentada por un individuo será en relación con el total de estrés térmico al que está expuesto, a la necesidad de mantener la temperatura corporal dentro de un rango relativamente estrecho. Se han hecho muchos intentos para estimar el estrés causado por una amplia gama de condiciones de trabajo y clima, o para estimar la correspondiente tensión fisiológica y combinar en un único índice de estrés térmico ¹⁹.

En nuestro país no existen estudios sobre las condiciones térmicas elevadas, ni sobre las repercusiones a la salud de los trabajadores expuestos, a pesar de contar con la Norma Oficial Mexicana (NOM015-STPS-2001) sobre condiciones térmicas elevadas o abatidas.

La empresa Rotoplast nace en 1973 en la ciudad de México, con la técnica de moldeo rotacional e inicia con la fabricación de diversos productos, a mediados de 1984 lanza al mercado su primer contenedor de agua o tinaco de plástico sustituyendo al tanque de asbesto. En su proceso de elaboración del producto, existe calentamiento directo de los moldes de acero producido por quemadores a fuego indirecto de gas LP, esta condición de trabajo expone a sus trabajadores a condiciones térmicas elevadas.

En esta situación se plantea la siguiente cuestión sobre los trabajadores de dicha empresa.

¿Cuáles son los efectos en la salud provocados en los trabajadores expuestos a condiciones térmicas elevadas?

I. JUSTIFICACION

Es importante evaluar los ambientes calurosos para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores, ya que el estrés por calor es un factor preocupante en una gran cantidad de empresas en donde los ambientes de trabajo con elevadas temperaturas pueden generar peligro para la salud de los trabajadores.

Hoy en día muy pocas empresas reconocen este factor como una causa de accidentes y enfermedades ya que carecen de poca información sobre el comportamiento fisiológico del cuerpo, cuando éste es sometido a condiciones térmicas elevadas influyendo en el desempeño físico de los trabajadores y lo que conlleva a una disminución de su rendimiento laboral.

La incidencia de golpe de calor en Estados Unidos es aproximadamente de 20 casos por 100 000 habitantes y el golpe de calor representa 240 muertes anualmente en los Estados Unidos. Se calcula que en Estados Unidos 6 millones de trabajadores están expuestos a estrés térmico y con reportes de víctimas mortales en los ámbitos de la construcción, la agricultura, la silvicultura, pesca y la manufactura ^{4, 9, 10}.

En México no se encuentran reportes sobre trabajadores expuestos a condiciones térmicas elevadas ni estadísticas sobre enfermedades producidas por exposición a condiciones térmicas elevadas, en la Ley Federal del Trabajo se encuentra contempladas en su artículo 513 en su fracción 48 como dermatosis producidas por acción del calor y en su fracción 145 por enfermedades producidas por variaciones de los elementos naturales del medio de trabajo se mencionan la rinitis atrófica, faringitis atrófica, laringitis atrófica y algias por calor.

I. OBJETIVO GENERAL

1.1 OBJETIVO GENERAL

1.1.1 Identificar el estrés térmico en los trabajadores de una empresa manufacturera de plásticos.

4. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Identificar si existen condiciones térmicas elevadas en una empresa manufacturera de plásticos.

4.2.2 Identificar el índice de estrés térmico en los trabajadores expuestos a condiciones térmicas elevadas mediante

4.2.3. Identificar si existen variaciones en los electrolitos séricos en los trabajadores que presentan estrés térmico.

I. SUJETO, MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 TIPO DE ESTUDIO:

Se realizó un estudio de tipo observacional descriptivo transversal.

5.2 UNIVERSO DE ESTUDIO:

Trabajadores de la empresa Rotoplas S.A. expuestos a condiciones térmicas elevadas.

5.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN:

INCLUSIÓN:

Trabajadores de la empresa manufacturera de plásticos que estén expuestos a condiciones térmicas elevadas según la NOM-015-STPS-2001.

Trabajadores de la empresa manufacturera de plástico con un turno de 8 horas

Trabajadores de la empresa manufacturera de plástico con más de 6 semanas de antigüedad en el puesto.

Trabajadores expuestos a condiciones térmicas elevadas que firmen el consentimiento informado.

EXCLUSIÓN:

Trabajadores de la empresa manufacturera de plásticos que no estén expuestos a condiciones térmicas elevadas según la NOM-015-STPS-2001.

ELIMINACIÓN:

Trabajadores que no completen el estudio de las tomas de monitoreo clínico y biológico.

5.4 TAMAÑO DE LA MUESTRA:

Trabajadores que estén expuestos a condiciones térmicas elevadas según la NOM-015-STPS y que hayan firmado el consentimiento informado. Trabajadores expuestos a condiciones térmicas elevadas, que cumplan con los criterios de inclusión.

5.5 DEFINICION DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE:

EDAD

Definición conceptual: Período de tiempo transcurrido desde el nacimiento de un individuo.

Definición operacional: Período transcurrido entre la fecha de nacimiento y al momento de atención, determinada en la entrevista.

Escala de medición: Variable cuantitativa discreta.

Indicador de medición: Años.

SEXO

Definición conceptual: Condición orgánica que distingue a las personas en hombres y mujeres.

Definición operacional: Determinada en la entrevista.

Escala de medición: Variable nominal.

Indicador de medición: 1. Masculino 2. Femenino

PUESTO DE TRABAJO

Definición conceptual: Posición que la persona tiene en el ejercicio de su trabajo.

Definición operacional: Determinado en el momento del estudio.

Escala de medición: Variable nominal.

Indicador de medición: Categoría.

ANTIGÜEDAD EN EL PUESTO DE TRABAJO

Definición conceptual: Medición cronológica del tiempo que lleva laborando el trabajador en dicha categoría o puesto de trabajo.

Definición operacional: Determinada en el momento del estudio por cuestionario.

Escala de medición: Variable cuantitativa discreta.

Indicador de medición: Años.

TURNO DE TRABAJO

Definición conceptual: Horario en el que trabajador desempeña su trabajo.

Definición operacional: Determinado en el momento del estudio.

Escala de medición: Variable nominal.

Indicador de medición: 1. Matutino 2. Vespertino 3. Nocturno

TEMPERATURA DEL GLOBO (calor convectivo y radiante)

Definición conceptual: Es el nivel termométrico que se registra cuando se establece el equilibrio entre la relación del calor convectivo y el calor radiante en el termómetro de globo.

Definición operacional: Temperatura registrada por el termómetro electrónico de globo en el momento del monitoreo ambiental.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Grados centígrados (°C)

TEMPERATURA DE BULBO SECO (temperatura de aire seco)

Definición conceptual: Es la temperatura que registra el termómetro cuando el bulbo está en contacto con el aire del medio ambiente, y este protegido de la radiación directa de la fuente que genera la condición térmica.

Definición operacional: Temperatura registrada por el termómetro electrónico de bulbo seco en el momento del monitoreo ambiental.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Grados centígrados (°C).

TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO (humedad relativa)

Definición conceptual: Es la temperatura que registra el termómetro cuando, humedecido su bulbo, permite la evaporación del agua sobre él, al estar expuesto al movimiento natural del aire y al contenido de su humedad.

Definición operacional: Temperatura registrada por el termómetro electrónico de bulbo húmedo en el momento del monitoreo ambiental.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Grados centígrados (°C)

VELOCIDAD DEL AIRE

Definición conceptual: Relación del espacio recorrido por el aire y el tiempo empleado en recorrerlo.

Definición operacional: Velocidad registrada por el anenómetro electrónico en el momento del monitoreo ambiental.

Escala de medición: Variable cuantitativa discreta

Indicador de medición: pies/min

INDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO DE BULBO HÚMEDO

Definición conceptual: Es la interrelación entre la temperatura de globo, temperatura del aire y la humedad relativa, que permite estimar la exposición a temperaturas elevadas.

Definición operacional: Temperatura obtenida mediante la fórmula:

$$I_{tgbh} = 0.7 t_{bhn} + 0.2 t_g + 0.1 t$$

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Grados centígrados (°C).

VARIABLES DEPENDIENTE:

ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO

Definición conceptual: Es la relación existente entre la evaporación requerida para lograr el balance térmico y la evaporación requerida máxima posible en ese ambiente

Definición operacional: Relación obtenida mediante la fórmula: ISC: $(E_{req}/E_{máx}) \times 100$

Escala de medición: Variable cuantitativa continua

Indicador de medición: Porcentaje (%)

TENSION ARTERIAL

Definición conceptual: Presión sobre las paredes arteriales provocada por la fuerza de la sangre al ser expulsada hacia la circulación general por la contracción del ventrículo izquierdo del corazón.

Definición operacional: Tensión arterial obtenida por un esfigmomanómetro de pulsera antes del inicio de la actividad laboral y al término de la actividad laboral.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua

Indicador de medición: Milímetros de mercurio (mmHg)

TEMPERATURA CORPORAL CENTRAL

Definición conceptual: Temperatura de las estructuras profundas del cuerpo, en comparación con los tejidos periféricos.

Definición operacional: La temperatura registrada en la membrana timpánica mediante un termómetro digital para oído antes del inicio de la actividad laboral y al término de la actividad laboral.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Grados centígrados (°C)

TEMPERATURA CUTANEA

Definición conceptual: Temperatura de los tejidos periféricos del cuerpo.

Definición operacional: Temperatura registrada en la axila mediante un termómetro digital antes del inicio de la actividad laboral y al termino de la actividad laboral.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Grados centígrados (°C)

PESO CORPORAL

Definición conceptual: Masa del cuerpo.

Definición operacional: Masa del cuerpo medida en kilogramos mediante báscula antes del inicio de la actividad laboral y al termino de la actividad laboral.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Kilogramo (Kg)

ELECTROLITOS SÉRICOS SODIO, POTASIO Y CLORO

Definición conceptual: Elemento que tiene concentraciones diferentes en el plasma, en el líquido intersticial y en el líquido celular, e influyen en los movimientos de las sustancias entre estos compartimientos. La cantidad adecuada de los electrólitos principales y el equilibrio entre los mismos son esenciales para un metabolismo normal.

Definición operacional: Determinación de niveles séricos de electrólitos mediante muestra de sangre venosa.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Valores normales: miliequivalentes/litro (mEq/L)

- Sodio (Na): 135 a 145mEq/L
- Potasio (K): 3.5 a 4.5mEq/L
- Cloro (Cl): 98 a 106mEq/L

GLUCEMIA

Definición conceptual: Cantidad de glucosa en la sangre.

Definición operacional: Determinación de niveles séricos de glucosa mediante muestra de sangre venosa.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Valores normales: 70 a 100mg/dl.

NITROGENO UREICO EN SANGRE (BUN)

Definición conceptual: Compuesto que se obtiene por producto final en la degradación de proteínas en la sangre.

Definición operacional: Determinación de niveles séricos de BUN mediante muestra de sangre venosa.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Valores normales: 10 a 20 mg/dl.

CREATININA

Definición conceptual: Producto de degradación de la creatina

Definición operacional: Determinación de niveles séricos de creatinina mediante muestra de sangre venosa.

Escala de medición: Variable cuantitativa continua.

Indicador de medición: Valores normales: < 1.5mg/dl.

5.6 METODOLOGÍA:

Se informo con tiempo suficiente sobre el estudio que se llevo a cabo y el motivo del mismo a los trabajadores y personal administrativo de la empresa. Se realizó en el mes de abril del 2009. Se empezó con el reconocimiento inicial de la empresa, para conocer el proceso productivo, identificar las fuentes generadoras de condiciones térmicas elevadas, el porcentaje de mecanización así como su eficiencia de la capacidad instalada y de producción. Se recabó la información técnica y administrativa para conocer la población trabajadora y poder seleccionar el método de evaluación para los puestos de trabajo. Se aplicó la norma oficial mexicana NOM-015-STPS-2001. CONDICIONES TERMICAS ELEVADAS O ABATIDAS - CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE.

El método consistió en aplicar el Índice de Temperatura de Globo Bulbo Húmedo (I_{tgbh}), la humedad relativa, la velocidad del aire y determinar el régimen de trabajo.

Instrumentación y equipo

Termómetro electrónico: Monitor de Estrés Térmico marca QUESTemp[®] 32

a) de bulbo seco:

- a. Sensor de temperatura de 1000 ohmios, de platino RTD
- b. intervalo de medición de -5 °C a +100 °C;
- c. exactitud de medición de ± 0.5 entre 0° C y 100° C.

b) de bulbo húmedo:

- a. Sensor de temperatura de 1000 ohmios, de platino RTD. Humedad: Circuito integrado con capacitor de polímero.
- b. intervalo de medición de -5 °C a +100 °C;
- c. exactitud de medición de ± 0.5 entre 0° C y 100° C;
- d. el bulbo sensor del termómetro cubierto totalmente con una funda o malla blanca de algodón.
- e. longitud del termómetro cubierto por la funda o malla de algodón: 20 mm. La parte más baja de la funda se sumerge en un recipiente con agua destilada. La longitud libre de la funda en el aire se deja a 20 mm

- f. gotero.
- c) de globo:
 - a. Sensor de temperatura de 1000 ohmios, de platino RTD;
 - b. intervalo de medición de -5 °C a +100 °C;
 - c. exactitud de medición de ± 0.5 entre 0° C y 100° C;
 - d. Sensor de temperatura en una esfera de cobre pintada de negro. El índice TGBH está basado en la respuesta de un globo de 15 cm. de diámetro. El QUESTemp^o 32 utiliza un globo de 5 cm. para una respuesta más rápida. La temperatura de 5 cm. es relativa a la del globo de 15 cm. con un coeficiente promedio de emisión de 0.95 (negro mate).
- d) Anemómetro electrónico

Para las zonas a evaluar, se determinó el tipo de actividades que realizan los trabajadores, para considerar el régimen de trabajo mediante la Tabla A1 del Apéndice A de la NOM 015 STPS 2001.

La evaluación del índice de temperatura de globo bulbo húmedo se realizó lo más cerca posible del lugar de operación de los trabajadores, sin que la presencia del evaluador interrumpiera sus actividades y consistía en medir y promediar las tres diferentes alturas de la temperatura de globo bulbo húmedo, colocando los instrumentos de medición en:

1. La primera medición se realizó a una altura de 0.10 m \pm 0.05 m (región de los tobillos), con relación al plano de sustentación del trabajador.
2. La segunda medición a la altura de la región abdominal a 1.10 m \pm 0.05 m ya que las actividades de trabajo se desarrollan de pie.
3. La tercera medición, a la altura de la región superior de la cabeza a 1.70 m \pm 0.05 m.

La medición se realizó al inicio y al final de todos los ciclos de exposición que se generen durante una hora continua de actividades.

Una vez concluidas las evaluaciones, se registraron los valores obtenidos y se calculó el índice de la temperatura de globo bulbo húmedo por cada punto evaluado mediante la ecuación (2) ya que la medición se realizó en interiores sin carga solar.

$$I_{tgbh} = 0.7 t_{bhn} + 0.2 t_g + 0.1 t_s \quad (2)$$

Para obtener la temperatura de globo bulbo húmedo promedio, se aplicó la siguiente ecuación:

$$I_{tg\ bh\ promedio} = \left[\frac{I_{tg\ bh\ cabeza} + 2 I_{tg\ bh\ abdomen} + I_{tg\ bh\ tobillos}}{4} \right]$$

Donde:

$I_{tg\ bh\ cabeza}$: Es el índice de temperatura de globo bulbo húmedo, medido en la región de la cabeza.

$I_{tg\ bh\ abdomen}$: Es el índice de temperatura de globo bulbo húmedo, medido en la región del abdomen.

$I_{tg\ bh\ tobillos}$: Es el índice de temperatura de globo bulbo húmedo medido, en la región de los tobillos.

Para los casos que rebasaran el Límite Máximo Permisible de Exposición, se efectuó el cálculo del Índice de Estrés al Calor.

Para poder llevar a cabo el cálculo del índice de estrés al calor fue necesario determinar las temperaturas promedio del bulbo seco, bulbo húmedo y de globo. Para tal efecto se emplearon las siguientes ecuaciones:

Temperatura promedio de bulbo seco:

$$I_{tbs\ promedio} = \left[\frac{I_{tbs\ cabeza} + 2 I_{tbs\ abdomen} + I_{tbs\ tobillos}}{4} \right]$$

Temperatura promedio de bulbo húmedo:

$$I_{tbh\ promedio} = \left[\frac{I_{tbh\ cabeza} + 2 I_{tbh\ abdomen} + I_{tbh\ tobillos}}{4} \right]$$

Temperatura promedio de globo:

$$I_{tg\ promedio} = \left[\frac{I_{tg\ cabeza} + 2 I_{tg\ abdomen} + I_{tg\ tobillos}}{4} \right]$$

Para calcular el Índice de Estrés al Calor se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$ISC = \frac{E_{req}}{E_{max}} * 100$$

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

$$R = 17.5(T_w - 95)$$

$$T_w = \left[(T_g + 460)^4 + 1.03 * 10^8 V^{0.5} (T_g - T_a) \right]^{0.25} - 460$$

$$C = 0.756 V^{0.6} (T_a - 95)$$

$$E_{max} = 2.8 * V^{0.6} * (42 - VP_a)$$

Donde:

E_{req} = La evaporación requerida de pérdida de calor BTUH

M = Calor metabólico ganado, BTUH.

R = Calor ganado por radiación, BTUH.

C = Calor ganado por convección, BTUH.

E_{max} = Evaporación disponible de pérdida de calor, BTUH.

T_w = Temperatura media radiante, °F

T_g = Temperatura de globo, °F

V = Velocidad del aire, pie/min.

T_a = Temperatura del aire, °F

V_{pa} = Presión de vapor de agua del aire, mmhg.

Conversión de grados centígrados a grados Fahrenheit.

$$°F = (1.8 * °C) + 32$$

La presión de vapor de agua en el ambiente se obtuvo relacionando la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo en la carta psicométrica.

De acuerdo al tipo de actividad de la Tabla A1 de la NOM-015-STPS-2001 se considerara el gasto calórico. Empleando estos datos en las ecuaciones se realizó la siguiente conversión:

$$1 \text{ kcal} = 3.9657 \text{ BTU}$$

Conociendo los trabajadores que presentaron estrés térmico, previo consentimiento informado, se llevó a cabo el llenado de cuestionarios para los datos de nombre, edad, sexo, puesto de trabajo, antigüedad del trabajo, turno de trabajo y patología previa.

Posteriormente se realizó la toma de peso corporal mediante báscula, toma de tensión arterial y frecuencia cardíaca mediante el esfigmomanómetro de pulsera, toma de la temperatura corporal central en la membrana timpánica mediante el termómetro digital de oído y la toma de temperatura cutánea axilar mediante termómetro digital antes de las actividades laborales, y toma de muestras sanguíneas se llevaron las muestras al laboratorio donde se procesaron y se obtuvieron los resultados de los niveles séricos de glucosa, creatinina, nitrógeno ureico y electrolitos, se recabaron posteriormente los resultados. A la mitad del turno laboral se tomaron la tensión arterial y frecuencia cardíaca mediante el esfigmomanómetro de pulsera, la toma de la temperatura corporal central en la membrana timpánica mediante el termómetro digital de oído y la toma de temperatura cutánea axilar mediante termómetro digital. Al término del turno laboral se tomaron muestras de sangre venosa y el peso corporal mediante báscula, se llevaron al laboratorio donde se procesaron y se obtuvieron los resultados de los niveles séricos de glucosa, creatinina, nitrógeno ureico y electrolitos, se recabaron posteriormente los resultados.

Se recopilaron todos los resultados y se llevó a cabo el análisis de resultados.

5.7 PLAN DE ANALISIS:

La base de datos se analizó con el paquete Stata 9. Se realizó el análisis univariado para obtener medidas de frecuencia y de tendencia central y el análisis bivariado.

5.8 RECURSOS HUMANOS:

- Médico Residente del segundo año de la Especialidad de Medicina del Trabajo
- Médico Especialista de Medicina Interna
- Ingeniero

5.9 RECURSOS MATERIALES:

- Monitor de Estrés Térmico marca QUESTemp® 32.
- Anemómetro
- Esfigmomanómetro digital de pulsera.
- Termómetro digital óptico.
- Termómetro digital.
- Báscula BAME
- Agujas para vacutainer.
- Tubos de extracción de sangre para vacutainer 7cc.

5.10 RECURSOS FINANCIEROS:

- Los propios del investigador.

5.11 ESPECIFICACIONES ETICAS

Dado que esta investigación se desarrolló en personas y se tuvo que tomar muestras sanguíneas. Las consideraciones éticas para esta tesis se tomaron en base a la declaración de Helsinki de 1964 en su principio básico del [respeto](#) por el individuo en su artículo 8, su derecho a la autodeterminación y el derecho a tomar decisiones informadas ([consentimiento informado](#)) en sus artículos 20, 21 y 22 incluyendo la participación en la investigación, tanto al inicio como durante el curso de la investigación. Y en la Ley General de Salud publicada en 1984 en su título quinto sobre investigación en salud en su artículo 100 sobre la experimentación en seres humanos.

VI. RESULTADOS

DESCRIPCION DE RESULTADOS

Se estudio a un total de 32 trabajadores que representan el 100% del total de la población expuesta a condiciones térmicas elevadas, el 78.1% (25 trabajadores) completaron el estudio, el 12.5% (4 trabajadores) no se incluyeron en el estudio por no cumplir con los criterios de inclusión, y el 9.4% (3 trabajadores) fueron eliminados al cumplir con los criterios de eliminación.

Las características promedio de la población estudiada fueron: edad de : 36.2 ± 7.8 años, con un rango mínimo de 22 y máximo de 51 años; antigüedad de: 7.7 ± 5.7 años con un rango mínimo de 0.8 y máximo de 19 años; peso corporal de: 68.97 ± 9.06 kilogramos con un rango mínimo de 52.4 y un máximo de 86 kilogramos (Tabla 1). El 100% de la población ocupa el puesto de operador de rotomoldeo, el 52% de la población son del turno matutino (Tabla 2) y el 52% son de la Nave B de moldeo (Tabla 3).

Se monitorearon diez puntos un 16% de la población se encontraba en los puntos 2 y 4 respectivamente, un 12% en el punto 10, y un 8% en los puntos 1, 3, 5, 6, 7, 8 y 9 respectivamente (Grafico 1).

Las mediciones obtenidas en el monitoreo ambiental fueron Temperatura Bulbo Seco (TBS) con una media de 39.5 ± 2.11 °C con un rango mínimo de 36.73°C y un máximo de 44.03°C; la Temperatura de Bulbo Húmedo (TBH) con una media de 23.61 ± 1.90 °C con un rango mínimo 20.75°C y un rango máximo 27.38°C; la Temperatura de Globo promedio de 46.27 ± 4.27 °C con rango mínimo 40.28°C y un rango máximo 53.08°C, con una Humedad Relativa (HR) promedio de $22.93 \pm 9.3\%$ con un rango mínimo de 16% y un rango máximo de 48.33%, y una Velocidad del Aire (VA) promedio de 322.34 ± 90.21 pies/min con un rango mínimo de 194.80 pies/min y máximo de 468.89 pies/min (Tabla 4).

Se obtuvo un Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (TGBH) promedio de 29.74 ± 1.74 °C con un rango mínimo 26.55°C y máximo de 31.81°C (Tabla 5).

El Estrés por Calor obtenido fue de 65.19 ± 17.13 % con un rango mínimo 41.13% y máximo de 91.27%. Se obtuvo la Temperatura Media Radiante, el calor por radiación y el calor por convección. Para la Temperatura Radiante se obtuvo de 141.44 ± 19.53 °F con un rango mínimo de 106.09°F y máximo de 173.70°F; para el Calor por Radiación fue de 812.74 ± 341.76 °F con un rango mínimo de 194°F y máximo de 1377.33°F y para el Calor por convección fue de 190.27 ± 76.39 °F con un rango mínimo 94.02°F y rango máximo de 323.67°F. La Evaporación Máxima fue de 3183.55 ± 706.69 BTU con un rango mínimo 2024.77 BTU y máximo de 4261.71 BTU y la Evaporación Requerida fue de 1994.44 ± 353.79 BTU con un rango mínimo de 1350 BTU y rango máximo de 2533.71 BTU (Tabla 6).

Dentro del monitoreo clínico para los parámetros estudiados antes de la actividad laboral fueron Peso Corporal: 68.97 ± 9.06 kg con un rango mínimo de 52.4kg y máximo de 86kg. Temperatura Central: 36.2 ± 0.64 °C con un rango mínimo 35°C y rango máximo 37.2°C. Temperatura Axilar: 35.3 ± 0.91 °C con un rango mínimo 33.3°C y máximo 36.8°C. Presión Arterial Media (PAM) 92.26 ± 10.89 mmHg con un rango mínimo 74mmHg y máximo 118.7mmHg. Frecuencia Cardíaca: 72 ± 10.16 lpm con un rango mínimo 56lpm y máximo 90lpm; para el déficit de agua antes de la actividad laboral los resultados obtenidos fueron de: $0.76 + 0.57$ litros con un rango mínimo de -0.173 y máximo de 2.67 litros (Tabla 7).

Para los parámetros estudiados durante la actividad laboral fueron Temperatura Central: 37.28 ± 1.13 °C con un rango mínimo 36°C y rango máximo 39.8°C. Temperatura Axilar: 35.83 ± 1.04 °C con un rango mínimo 33.7°C y máximo 37.9°C. Presión Arterial Media (PAM) 97.55 ± 15.6 mmHg con un rango mínimo 80.7mmHg y máximo 140.3mmHg. Frecuencia Cardíaca: 89.88 ± 12.30 lpm con un rango mínimo 67lpm y máximo 117lpm, el peso corporal se midió al final de la jornada laboral: 68.17 ± 8.96 kg con un rango mínimo de 51.7kg y máximo de 84.5kg; para el déficit de agua después de la actividad laboral fueron de: $0.63 + 0.42$ litros con un rango mínimo de -0.53 y un rango máximo de 1.40 litros (Tabla 8).

Para el monitoreo biológico se tomaron muestras antes del inicio de la actividad laboral y al final de la actividad laboral obteniéndose los siguientes resultados:

Los resultados de los niveles séricos antes de la actividad laboral fue de glucosa: 83.54 ± 9.07 mg/dl con un rango mínimo 59.5mg/dl y máximo de 98.9mg/dl. Creatinina: 0.94 ± 0.16 mg/dl con un rango de 0.75mg/dl y máximo de 1.48mg/dl. Nitrógeno Ureico (BUN) 16.55 ± 3.63 mg/dl con un rango mínimo de 9.5mg/dl y máximo 22.7mg/dl. En los electrolitos séricos para el Sodio (Na): 142.48 ± 1.71 mmol/L con un rango mínimo 139.3 y máximo de 147.6mmol/L. Potasio: 4.02 ± 0.39 mmol/L con un rango mínimo 3.04mmol/L y rango máximo de 4.84mmol/L; Cloro: 110.06 ± 2.21 mmol/L con un rango mínimo de 106.8mmol/L y máximo de 114.6mmol/L (Tabla 9)

Los resultados de los niveles séricos después de la actividad laboral fue de glucosa: 60.39 ± 17.18 mg/dl con un rango mínimo 40mg/dl y máximo de 89.9mg/dl. Creatinina: 1.03 ± 0.14 mg/dl con un rango de 0.7mg/dl y máximo de 1.32mg/dl. Nitrógeno Ureico (BUN) 17.54 ± 3.78 mg/dl con un rango mínimo de 11.2mg/dl y máximo 22.8mg/dl. En los electrolitos séricos para el Sodio (Na): 142.09 ± 1.48 mmol/L con un rango mínimo 137.6 y máximo de 145.1mmol/L. Potasio: 5.43 ± 1.98 mmol/L con un rango mínimo 3.34mmol/L y rango máximo de 9.51mmol/L; Cloro: 108.51 ± 2.18 mmol/L con un rango mínimo de 104.3mmol/L y máximo de 112.6mmol/L (Tabla 10).

TTEST DOS GRUPOS TGBH Y TURNO Y NAVE

Se realiza ttest para dos grupos; se comparó el Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (TGBH) y con el turno en donde se obtuvo una media para el turno matutino: $29.52 \pm 2.30^{\circ}\text{C}$ y para el turno vespertino: $29.55 \pm 1.52^{\circ}\text{C}$ por lo tanto no se encontró diferencia significativa ($p = 0.9720$) (Tabla 11) y al realizar la comparación de la Nave con el TGBH se encuentra para la nave A: $29.1 \pm 2.15^{\circ}\text{C}$ y para la Nave B: $30.02 \pm 1.52^{\circ}\text{C}$ con una $p=0.2320$ con lo cual no se encuentra diferencia significativa (Tabla 12).

TTEST PARA UN GRUPO

Al realizar la diferencia entre la temperatura central antes de la actividad laboral y la temperatura central después de la actividad laboral, se observa que existe una diferencia de temperatura de: $1.088 \pm 1.196^{\circ}\text{C}$ con un rango mínimo -0.5°C y máximo 3.9°C y al realizar la prueba de ttest se encuentra una ($p=0.0001$); con lo cual se refiere que la diferencia que manejan los trabajadores antes y durante su actividad laboral en respecto a su temperatura central es significativa (Tabla 13).

Con respecto a la temperatura axilar que se registro a los trabajadores antes y durante su actividad laboral, se encontró una diferencia de temperatura: $0.512 \pm 1.054^{\circ}\text{C}$ y con un rango mínimo de -1.6°C y rango máximo 2.6°C con una $p=0.0231$ (Tabla 14).

Para la presión arterial, se registró antes de entrar a su actividad laboral y durante su actividad laboral entre las 3:30 y 4:00hrs de labor, de los datos obtenidos se encontró una diferencia de presión sistólica: $-11.04 \pm 30.53\text{mmHg}$ con un rango mínimo -92 y máximo 30mmHg con una $p=0.832$. En la diferencia de presión diastólica se encontró: $-2.4 \pm 14.64\text{mmHg}$ con un rango mínimo -30mmHg y máximo 28mmHg con una $p=0.420$. En la Presión Arterial Media (PAM) se obtuvo una diferencia: $5.28 \pm 16.953\text{mmHg}$ con un rango mínimo -21.3mmHg y máximo 50mmHg con una $p=0.1317$. (Tabla 15).

La diferencia en la frecuencia cardiaca fue de: 17.88 ± 12.820 con un rango mínimo 0 y un rango máximo de 53 latidos por minuto, con una $p=0.0001$. (Tabla16)

En el parámetro del peso corporal se obtuvo mediciones antes de la actividad laboral y al final de esta, obteniéndose una diferencia: 0.796 ± 0.639 kg con un rango mínimo -0.4kg y un rango máximo 2kg , con una $p=0.0001$ (Tabla 17).

Para los niveles séricos se tomaron antes y al final de la actividad laboral con una diferencia de glucosa de: $-23.148 \pm 17.760\text{mg/dl}$ con un rango mínimo -51.1mg/dl y máximo 11.9 con una $p=0.0001$. Para la creatinina se obtuvo una diferencia: $0.097 \pm 0.134\text{mg/dl}$ con un rango mínimo -0.16mg/dl y máximo 0.36mg/dl con una $p=0.0014$. En el Nitrógeno Ureico se obtuvo una diferencia significativa de: $0.992 \pm 2.474\text{mg/dl}$ con un rango mínimo -3.9mg/dl y máximo 5.7mg/dl con una $p= 0.564$ (Tabla 18).

Se tomaron niveles de electrolitos séricos antes de la actividad y al final de la actividad laboral. Obteniéndose un Sodio (Na) con una diferencia de: -0.388 ± 2.047 mmol/L con un rango mínimo -4.1 mmol/L y máximo 3.4 mmol/L con una $p=0.3529$. Para el Potasio (K) se obtiene una diferencia: 1.405 ± 1.863 mmol/L con un rango mínimo 3.34 mmol/L y un rango máximo 9.51 mmol/L, con una $p=0.0009$. El cloro se obtuvo una diferencia: -1.552 ± 2.289 mmol/L con un rango mínimo -6.6 mmol/L y máximo 3.1 mmol/L con una $p=0.0024$ significativa (Tabla 19).

Para el cálculo del déficit de agua, se obtuvo una diferencia: -0.136 ± 0.577 con un rango mínimo -1.27 y máximo 0.928 con una $p=0.2495$. Para la osmolalidad se obtuvo una diferencia: 1.709 ± 4.774 con una $p=0.0861$ (Tabla 20).

Para edad se realizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis, por lo que se decidió manejar dos grupos de edad de acuerdo al rango de media de edad, se obtuvo estos dos grupos, los < 40 años y ≥ 40 años, obteniendo que las personas de < 40 años presentan una frecuencia cardiaca en reposo mayor significativa ($p=0.0338$), que las personas de > 40 años. Además los sujetos < 40 años presentan niveles significativos de glucosa basales menores que los sujetos ≥ 40 años ($p=0.0091$).

Por antigüedad se obtuvieron dos grupos de acuerdo a la media de antigüedad, los < 7 años y ≥ 7 años, observándose que los sujetos con menor antigüedad presentaban niveles significativos más elevados de nitrógeno ureico (BUN) posterior a la actividad laboral que los de mayor antigüedad ($p=0.0502$).

Se dividió a la población de estudios en dos grupos lo que presentan estrés por calor severo o $\geq 60\%$ y los que presentan estrés por calor de leve a moderado o $< 60\%$. Observándose que el grupo de estrés por calor $\geq 60\%$ presentan una mayor temperatura central durante la actividad laboral que los que presentan estrés por calor $< 60\%$ ($p=0.0262$).

Para el turno laboral, la diferencia que presentan de la temperatura central al inicio de la actividad laboral es significativa ($p=0.0001$), entre el turno matutino y vespertino; siendo mayor la del turno vespertino con respecto al turno matutino, esto puede ser debido a que al ingreso del turno matutino la temperatura ambiental es mucho menor que en la tarde cuando ingresa el turno vespertino y esto repercute en la temperatura del trabajador. A pesar que no se obtuvo una diferencia significativa en la temperatura central durante la actividad laboral ($p=0.2199$) entre los dos turnos; la diferencia que se obtiene entre los dos registros de temperatura por turno, fue significativa ($p=0.0383$), los sujetos del turno matutino presentan una mayor diferencia entre los dos registros que los del turno vespertino.

Para la frecuencia cardiaca antes de la actividad la diferencia es significativa ($p=0.257$), el turno vespertino presentan una frecuencia cardiaca mayor con respecto al matutino. No se obtuvo una diferencia significativa de la frecuencia cardiaca durante la

actividad laboral entre los dos turnos ($p=0.6241$). Pero la diferencia que presentan entre la frecuencia cardiaca antes de la actividad y durante la actividad, los sujetos del turno matutino tienen una diferencia significativa mayor que los del turno vespertino ($p=0.0096$).

Con respecto a los niveles séricos, se observó que los del turno vespertino tuvieron una mayor pérdida de cloro que los del turno matutino, siendo esta diferencia significativa ($p=0.0033$).

VII. DISCUSIÓN

Dentro del proceso de fabricación se encontró que los trabajadores están expuestos a condiciones térmicas que rebasan los límites máximo permisibles por la norma oficial mexicana⁵, NOM-015-STPS-2001. Durante el monitoreo ambiental se registró una temperatura ambiental²¹ mínima de 15°C y máxima de 28°C con una media de 22°C, al comparar con las temperaturas que se registraron durante el monitoreo en las que se alcanzo una media de temperatura de bulbo seco de 39.5°C lo que nos indicó que la temperatura se llegó a incrementar mas de 10°C en ciertas áreas del proceso. Tomando en cuenta que se rebasan los límites máximos permisibles en 9 de los 10 puntos estudiados, siendo los puntos 1, 4 y 8 los que registraron el Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo más alto con 31.20°C, 31.62°C y 31.81°C respectivamente, esto es debido a que son áreas críticas dentro de la ubicación de las naves de Rotomoldeo. El punto 1 localizado al fondo de la nave A mantiene temperaturas elevadas, debido a que no hay corrientes de aire que circulen dentro de esa área; lo que incrementa el calor por convección, además es el punto que presenta la máxima humedad relativa registrada con 48.33% durante el monitoreo y como se ha demostrado en estudios epidemiológicos, la humedad juega un papel muy importante para que se presenten patologías por estrés por calor¹⁵, ya que al incrementarse evita que el trabajador pierda calor debido a que no permite la perdida por evaporación. El punto 4 localizado dentro de la nave A, está ubicado entre dos maquinas de Rotomoldeo que impiden circulen las corrientes de aire, concentrando el aire caliente y como ya se menciona anteriormente esto provoca el aumento del calor por convección; el que se encuentre entre dos máquinas hace que el calor por radiación aumente, siendo este punto el que registra el calor por radiación más alto 1377.33°F durante el monitoreo, debido a los rayos de calor provenientes de las maquina, hace que el trabajador incremente su temperatura sufriendo un mayor estrés por calor. El punto 8 ubicado dentro de la nave B, se localiza al fondo de esta y como se hizo mención en los puntos anteriores, aquí también no hay una adecuada circulación de las corrientes de aire para disminuir el calor del aire.

Debido a estas temperaturas en el ambiente laboral, los trabajadores presentaron un estrés por calor que va en relación al aumento del Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo, ya que los puntos donde se registro las mayores temperaturas, los trabajadores reportaron un estrés por calor por arriba de 90%.

La edad de la población trabajadora fue de 36.2 ± 7.8 años, al ser una población adultos jóvenes favorece que no se presenten patologías por calor, ya que como hace mención Robinson 1963, Lind et al en 1970 y Anderson et al en 1996 en sus respectivos estudios, las personas mayores empiezan a sudar más tarde que los individuos jóvenes y esto reduce la tolerancia al calor en dichas personas, lo que provoca que sean más susceptibles a la hipertermia¹⁵, en este aspecto nuestra población mantiene una buena respuesta al estrés por calor. Al realizar la comparación de la edad, obteniéndose dos grupos de acuerdo a la media de edad, con la frecuencia cardiaca se obtuvo los sujetos < 40 años tienen una frecuencia cardiaca mayor en reposo que las personas ≥ 40 años con

una diferencia significativa ($p=0.0338$), esto puede ser explicado con el aumento de la edad, el gasto cardiaco disminuye por la disminución de la actividad corporal del individuo¹. Otro aspecto importante que se reporto es que los individuos < 40 años presentaron niveles basales de glucosa menores que los sujetos ≥ 40 años, esto es debido a que se presenta un aumento en la resistencia a la insulina a mayor edad, produciendo un aumento en los niveles de glucosa.

La población en estudio se tomó como un grupo homogéneo al no encontrar diferencias significativas entre el Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo con la nave ($p=0.2320$) y con el turno ($p=0.9720$) respectivamente.

Los efectos de las temperaturas elevadas en la salud de los trabajadores fueron notables en el estudio, la diferencia observada en la temperatura central fue significativa ($p=0.0001$) entre los dos registros, lo que indica que el trabajador ganó calor debido a la exposición a dicho ambiente durante su jornada laboral, el 25% de nuestra población registro temperaturas centrales superiores a los 39°C, cabe hacer mención que ningún sujeto presento sintomatología por lo que continuó con su labor, este registro rebasa el límite permitido por la Organización Mundial de la Salud, que marca como límite máximo para los trabajadores expuestos a condiciones térmicas una temperatura central del 38°C¹⁴. Hecho que se observó en el estudio realizado por Silva et al en 2001 en trabajadores de mantenimiento en plantas compresoras, donde dos trabajadores presentaron temperaturas centrales superiores a los 38°C³. La diferencia entre los registros de la temperatura axilar también fue significativa ($p=0.0231$) con lo que indica que el trabajador si es afectado por la temperatura ambiente en el área laboral, ya que dicha temperatura se ve influenciada por la temperatura ambiente¹, en este caso hay aumento de dicha temperatura con un máximo registro de 37.9°C.

Los trabajadores que están expuestos a condiciones térmicas elevadas presentan dentro de los mecanismos de termorregulación, una vasodilatación periférica lo que reduce las resistencias periféricas y por consiguiente disminución de la presión arterial diastólica, y un aumento del gasto cardiaco secundario a un aumento de la frecuencia cardiaca y volumen sistólico, lo que lleva a una elevación de la presión arterial sistólica¹. En los cambios en presión arterial no se obtuvieron diferencias significativas en la presión sistólica ($p=0.832$) y diastólica ($p=0.420$), como lo menciona Morioka et al en su estudio realizado en 2006 en trabajadores de la construcción, donde tampoco se encontró cambios significativos en la presión arterial de los trabajadores, solo haciendo mención que 2 de los sujetos de estudios tuvieron tendencia aumentar la presión arterial⁸. Cabe hacer mención que el mayor aumento se registró en la presión arterial sistólica debido a los cambios ya descritos anteriormente.

Como es bien sabido el efecto del estrés térmico representa una carga adicional sobre el sistema cardiovascular, manifestado por un elevado ritmo cardiaco en ambientes calientes, por lo tanto la frecuencia cardiaca se convierte en una expresión de la magnitud

de la carga adicional que se ejerce sobre el sistema cardiovascular cuando el cuerpo está expuesto a un cierto estrés por calor¹⁵; así es de esperarse que la frecuencia cardiaca aumente con el aumento de la temperatura central. Se observó que los sujetos tuvieron una elevación de la frecuencia cardiaca significativa ($p=0.0001$) y solo el 4% superó el nivel de 110 latidos por minutos marcados por la NIOSH para una jornada de 8 horas³, todo debido a la exposición a temperaturas extremas, como lo menciona Rodahl en 1989 en su estudio en una fábrica de vidrio el aumento de la frecuencia cardiaca no fue producto de la actividad física del trabajador sino de la exposición directa a la fuente de calor¹⁵ y O'Donnell y Clowes donde reportan que siete marineros sufren un aumento del gasto cardiaco y una disminución de las resistencias periféricas¹¹.

Con relación al peso corporal se observa que existe una diferencia de peso antes de la actividad laboral con el registro del peso al final de la misma, y dicha diferencia es significativa ($p=0.0001$), lo que nos indica que el trabajador está perdiendo peso y puede ser debido al sudor producido por el estrés provocado por las temperaturas elevadas y que esta pérdida de líquido no está siendo recuperada mediante la rehidratación y al aumento del metabolismo basal que se produce en los trabajadores por el aumento de su temperatura central⁹ secundario a la exposición de condiciones térmicas elevadas.

Como se observa el 52% de la población pierde más del 1% del peso corporal (Tabla 21) durante la jornada de trabajo y esto puede repercutir considerablemente en el rendimiento laboral², sin embargo no encontramos una diferencia significativa ($p=0.5968$) entre el porcentaje de peso perdido y el aumento de la frecuencia cardiaca, ya que se menciona que por cada pérdida del 1% del peso corporal se llega a manifestar con un aumento de la frecuencia cardiaca unos 5 latidos por minuto², sin embargo si se observó un aumento de la frecuencia cardiaca en los trabajadores.

Dentro de los resultados encontrados en las muestras tomadas a la población se observó que los niveles basales de glucosa fueron significativamente más altos antes de la actividad laboral que después de realizar dicha actividad ($p=0.0001$), a pesar de consumir alimentos durante su jornada laboral, hecho que es congruente con lo encontrado por Morioka et al (2006) en su estudio donde también se encontró la misma significancia⁸ ($p<0.05$) y puede ser explicado al estrés por calor que presentan los trabajadores produce un aumento en su metabolismo, debido a que por cada aumento de 0.6°C en la temperatura central del individuo aumenta la tasa de metabolismo basal en un 10%⁹, lo que conlleva a un mayor consumo de energía, lo que al final puede repercutir también en la pérdida de peso corporal. Se hace mención que el 50% de la población presentó cifras iguales o menores a 60mg/dl sin presentar datos de clínicos de hipoglucemia.

La evaporación de agua por la piel y el aparato respiratorio contribuyen como se ha mencionado a la termorregulación, estas pérdidas insensibles pueden alcanzar los 500ml/día; en las enfermedades febriles o tras una exposición prolongada al calor las pérdidas de agua y sal por la piel y el sudor pueden ser los bastantes abundantes como para ocasionar deshidratación. Como el sudor es hipotónico se pierda más agua que sodio,

así el déficit de agua se llega a reducir al mínimo al aumentar la sed, en los datos de laboratorio para confirmar una hipovolemia podemos encontrar una elevación del nitrógeno ureico en sangre y de la creatinina en plasma esto debido a la menor filtración glomerular²². En el estudio los niveles de creatinina y nitrógeno ureico (BUN) presentaron un aumento significativo al término de la jornada laboral con respecto a los basales, $p=0.0014$ y $p=0.0564$ respectivamente; Morioka et al reportaron en su estudio que no hubo cambios significativos en los niveles de BUN⁸.

En los niveles de electrolitos séricos, se pudo observar que a pesar de no tener una diferencia significativa para el sodio (Na^+) $p=0.3529$, si se produce una disminución en el nivel al término de la jornada laboral con respecto a la basal, cabe hacer mención que ningún sujeto presento niveles inferiores a los 135mmol/L y el 4% presentó cifras superiores a los 145mmol/L; lo que nos habla de un probable déficit de agua, como se menciona la hipovolemia se puede acompañar de hiponatremia, hipernatremia o de una concentración normal de Na^+ en el plasma, según la tonicidad del líquido perdido y según que el paciente conserve o no la sensación de sed y pueda o no beber agua²². En cuanto al déficit de agua presentado se observó que un 96% de los sujetos presentaban un déficit desde el inicio de la actividad laboral y el 48% siguió presentado un déficit posterior a la actividad laboral, lo que nos indica que no toda la población está ingiriendo los requerimientos necesarios de líquidos para reponer la pérdida de líquidos. En cuanto al potasio (K^+) se reportó un aumento del K^+ al final de la jornada laboral, esto es explicado a que las muestras del turno vespertino se hemolizaron lo que provoco aumento en los niveles de potasio. El cloro (Cl^-) sufrió una disminución al final de la jornada laboral con una diferencia significativa ($p=0.0024$), a pesar de dicha disminución se mantiene una hipercloremia ($>106\text{mmol/L}^{22}$), como se hace mención las cantidades excesivas de cloruro suelen ser consecuencia de la administración de NaCl , depleción de volumen o de entidades que produzcan acidosis metabólica sin ampliar la brecha aniónica; el cloruro de sodio, el cloruro de potasio y los hidroclouros de aminoácidos se disocian fácilmente y se unen con el bicarbonato, provocando acidosis metabólica, puesto que el sodio y el cloruro viajen juntos, los altos niveles séricos de sodio se acompañan de altos niveles séricos de cloruro y el bicarbonato es inversamente proporcional al cloruro, de manera que la hipercloremia se acompaña de acidosis metabólica sin brecha aniónica amplia; en este caso puede ser debido a la depleción de volumen²³. Para la osmolalidad no se obtuvieron resultados significativos $p=0.0861$.

VIII. CONCLUSIONES:

En el monitoreo ambiental realizado se rebasó el Límite Máximo Permisible que se maneja en la NOM-015-STPS-2001. Condiciones Térmicas Elevadas o Abatidas⁵. El calor por radiación y el calor por convección son de signo positivo indicándonos que el trabajador gana calor, reflejado principalmente en la elevación de su Temperatura Corporal.

Los trabajadores del área de Rotomoldeo presentan estrés por calor, en más del 50% de los puntos monitoreados se presenta un índice de estrés por calor muy severo por arriba del 60%. El índice de estrés por calor influye en la capacidad física de trabajo, lo cual disminuye el rendimiento del mismo, siento un factor de riesgo para la salud del personal³. El estrés por calor representa una carga adicional sobre el sistema cardiovascular y esto debería tenerse en cuenta para evitar la fatiga excesiva en los trabajadores que tienen puestos en ambientes laborales con temperaturas elevadas¹⁵.

Además se encontraron diferencias significativas en los parámetros estudiados en los trabajadores tanto clínicos o como de laboratorio, se verifico una elevación de la temperatura central, llegando a presentar un 25% de los trabajadores temperaturas superiores a los 38°C. En cuanto al laboratorio se presento una disminución de los niveles de glucosa al final de la jornada laboral, un aumento de la creatinina y BUN, y una disminución del cloro, lo que nos habla de una inadecuada reposición de líquidos.

Con lo anterior se cumple con los objetivos que se plantearon al inicio de esta investigación, y se observa que el estrés por calor repercute en la salud de los trabajadores.

Se debe de contar con una mejor planeación, control y vigilancia de las temperaturas elevadas en el ambiente laboral. Para disminuir las temperaturas presentes en el proceso de producción se pueden sugerir los siguientes puntos:

- a. *Control del calor por convección.* Con dicho punto se pretende mejorar la temperatura del aire y los movimientos del mismo, y se puede basar en las sugerencias que dan la *NOM-001-2008. Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condicion de seguridad*²⁴, en su apartado de Ventilación de Confort que marca las siguientes sugerencias:
 - a. Para locales de los centros de trabajo, tales como oficinas, cuartos de control, centros de cómputo y laboratorios, entre otros, en los que se disponga de ventilación artificial para confort de los trabajadores o por requerimientos de la actividad en el centro de trabajo, se recomienda tomar en consideración la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del aire, de preferencia en los términos siguientes:
 - i. Humedad relativa entre el 20% y 60%.
 - ii. Temperatura del aire de 22°C ± 2°C para épocas de ambiente frío, y 24.5°C ± 1.5°C para épocas calurosas.
 - iii. Velocidad media del aire que no exceda de 0.15 m/s, en épocas de ambiente frío, y de 0.25 m/s en épocas calurosas.

- iv. Se recomienda que la renovación del aire no sea inferior a 5 veces por hora.
- v. Sería conveniente que en los programas de revisión y mantenimiento de los sistemas de ventilación se revisen parámetros como:
 1. La regulación del aire.
 2. El control de los caudales de ventilación.
 3. El aislamiento acústico.
 4. La limitación de la propagación de ruido.
 5. Las no condensaciones de la humedad.
 6. La instalación eléctrica.

Por lo tanto, en este caso se podría colocar sistemas de inyección de aire en las paredes del área de producción a una altura aproximadamente de 1.50mts lo que nos permitiría renovar el aire que se encuentra en el área de trabajo. El sistema de inyección aunado al sistema de extracción con el que ya cuenta la empresa, con las campanas de extracción presentes sobre cada máquina de Rotomoldeo, ayudara a extraer el aire caliente producido durante el proceso, en esta situación se conseguiría reducir el calor por convección lo que ayudara al trabajador perder calor mediante la evaporación al aumentar el movimiento del aire y disminuir la temperatura del mismo.

- b. *Control de cambios de temperatura.* Se sugiere implementar un área de descanso o de espera para controlar los cambios de temperatura de un área a otra, ya que estos cambios pueden aumentar la presencia de infecciones respiratorias en los trabajadores.

Se recomienda implementar un programa de vigilancia a la salud de los trabajadores, en el que incluya un programa de rehidratación del trabajador durante su jornada laboral, con lo cual se debe alternar bebidas rehidratadas y/o suero oral y agua natural, la cantidad a reponer es dependiente de cada trabajador y esto puede calcularse de acuerdo al peso corporal del trabajador, las pérdidas insensibles del mismo mas las calorías consumidas dependiendo del tipo de trabajo que en este caso se cataloga como *moderado* y se maneja 250kcal/hr. Recordando que se consume 1ml por caloría consumida por lo tanto en promedio se maneja de 2250 a 2500 ml a reponer por turno, lo que se puede dividir en 1500ml de agua natural y 1000ml de suero oral alternados en 500ml. Dentro de dicho programa se deben llevar a cabo exámenes de ingreso al personal que laborará en el área de moldeo para conocer los antecedentes de personales patológicos de cada trabajador y tomar medidas preventivas. Además de incluir el monitoreo de la temperatura corporal del trabajador durante su labor y si rebasa los 38°C trasladar al trabajador a un área de confort, para su observación.

Capacitar a los trabajadores sobre los daños que pueden sufrir por exponerse a condiciones térmicas elevadas, y tomar ciertos parámetros como el peso corporal, lo que les ayudaría a manejar una mejor hidratación durante su jornada laboral.

Para todos aquellos trabajadores que vayan a ser expuestos por primera vez a las condiciones térmicas elevadas registradas, el periodo de aclimatación deberá ser por lo menos de 6 días; la reacción de los nervios autónomos para evitar el aumento de la temperatura corporal es de 3 a 4 días después de comenzar el trabajo y la regulación hormonal se inicia posterior a una semana⁸; por lo tanto se aconseja iniciar con el 50% de la exposición total durante el primer día, siguiendo con incrementos del 10% diariamente hasta llegar al 100% de la exposición total al sexto día. Los trabajadores aclimatados que regresen de 9 días consecutivos de ausencia, y que laboren en los puntos mencionados, a manera de prevención y de ser posible, deberán someterse a un periodo de aclimatación de por lo menos 4 días. El periodo de aclimatación debe iniciar con el 50% de la exposición total el primer día, siguiendo con incrementos del 20% diariamente hasta llegar al 100% de exposición total el cuarto día.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Guyton, Tratado de fisiología médica, 10ª edición, México, Editorial Mac Graw Hill, 2001, pp. 989 - 994.
2. Enciclopedia de la OIT, Calor y Frio, pp. 42.
3. Silva I. y col., Evaluación del stress calórico durante trabajos de mantenimiento en plantas compresoras y operaciones de una brigada de emergencia, Venezuela, Infor Med, Vol. 3, Diciembre 2001, pp. 745-764.
4. Glazer JL, Management of heatstroke and heat exhaustion. Am Fam Physician 2005, 71, 2133-2140.
5. NOM-15-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas – Condiciones de seguridad e higiene.
6. Astrad and Rodahl, Fisiología del trabajo físico. Bases fisiológicas del ejercicio, 3ª edición, Ed. Panamericana, Argentina, 1992, pp447 - 493.
7. Díaz Jiménez et col., Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública; futuras actuaciones, Rev Esp Salud Pública 2005; 79; 145-157.
8. Morioka Ikuharu, Miyai Nobuyuki et al, Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site, Industrial Health 2006; 44; 474-480.
9. Randell K. Wexler, Evaluation and treatment of heat-related illnesses, Am Fam Physician, 2002, vol. 65; number 11; 2307-2314.
10. Shanks N.J. et Papworth G, Environmental factors and heatstroke, Occup Med, 2001, vol 51; 45-49.
11. Bouchama A. et al, Cooling and hemodynamic management in heatstroke practical recommendations, Critical care, 2002, vol. 11; no. 3; 1-10.
12. Espinoza Lourdes y Sáurez Karla, Trabajadores costarricenses expuestos a sobrecarga térmica; implicaciones en la salud y la producción; Enfermería en Costa Rica, junio 2007, vol. 28; 20-25.
13. Parsons Ken, Heat Stress Standard ISO 7243 and its Global Application, Industrial Health 2006, 44; 368-379.

14. Taylor Nigel A.S., Challenges to temperature regulation when working in hot environments, *Industrial Health*, 2006, 31; 331-344.
15. Rodahl K., Occupational Health Conditions in Extreme Environments, *Ann Occupational Hygiene*, 2003, Vol. 47, No. 3; 241-252.
16. Cortés Díaz José María, Seguridad e Higiene del Trabajo: Técnicas de prevención de riesgos laborales, Alfaomega, 3ra edición, México, 455-467.
17. Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Tercero, Capítulo VI.
18. Agenda Laboral. Ley Federal del Trabajo Reglamentos y otras disposiciones conexas en materia laboral, 2008.
19. Epstein Yoram et Moran Daniel S., Thermal Comfort and the Heat Stress Indices, *Industrial Health* 2006; 44; 388-398.
20. Ladou Joseph, Diagnóstico y Tratamiento en medicina laboral y ambiental, Manuel Moderno, 4ta edición, México, 2006, pp: 142-147.
21. History Weather Underground.htm
22. Harrison, Principios de Medicina Interna, Mc Graw Hill, 15ª edición, México, 2001, Volumen I, pp: 325 -327.
23. Tintinalli, Medicina de Urgencias, Mc Graw Hilla, 5ta edición, México, 2002, Volumen I, pp: 171.193.
24. NOM-001-STPS-2008. Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.

ANEXOS

X. ANEXO

REGIMENES DE TRABAJO

Tabla A.1

DEFINICION DEL REGIMEN DE TRABAJO SEGUN LA ACTIVIDAD⁵

Régimen de trabajo	Actividad	Ejemplo de Gasto Metabólico aproximado	
		Watts	kcal/h
Ligero	Sentarse tranquilamente	116.18	100
	Sentarse, movimiento moderado de los brazos y el tronco (por ejemplo, trabajo de oficina, mecanografía)	130.81 a 162.21	112.5 a 139.5
	Sentado, movimientos moderados de los brazos y el tronco (por ejemplo, tocando el órgano o conduciendo un automóvil)	159.88 a 188.95	137.5 a 162.5
	Parado, trabajo moderado en máquinas o bancos de máquinas, mayormente con las manos	159.88 a 188.95	137.5 a 162.5
	Parado, trabajo liviano en máquinas o banco, a veces caminando un poco	188.95 a 218.02	162.5 a 187.5
	Sentado, movimientos pesados de los brazos y piernas	188.95 a 232.56	162.5 a 200.0
Moderado	Parado, trabajo moderado en máquina o banco a veces caminando un poco	218.02 a 290.69	187.5 a 250.0
	Caminando de un sitio a otro empujando y levantando moderadamente	290.69 a 406.97	250.0 a 350.0
Pesado	Levantando, empujando o tirando cargas pesadas, intermitentemente (por ejemplo, trabajo de pico y pala)	436.04 a 581.39	375.0 a 500.0
	Trabajo pesado constante	581.39 a 697.67	500.0 a 600.0

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION⁵

1. Condiciones térmicas elevadas. En la Tabla 1 se establecen los tiempos máximos permisibles de exposición y el tiempo mínimo de recuperación para jornadas de trabajo de ocho horas.

T A B L A 1

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION A CONDICIONES TERMICAS ELEVADAS

Temperatura máxima en °C de I_{tgbh}			Porcentaje del tiempo de exposición y de no exposición
Régimen de trabajo			
Ligero	Moderado	Pesado	
30.0	26.7	25.0	100% de exposición
30.6	27.8	25.9	75% de exposición 25% de recuperación en cada hora
31.7	29.4	27.8	50% de exposición 50% de recuperación en cada hora
32.2	31.1	30.0	25% de exposición 75% de recuperación en cada hora

TABLAS

Tabla 1
Características de la Población

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango mínimo	Rango máximo
Edad (años)	36.2	7.8	22	51
Antigüedad (años)	7.7	5.7	0.8	19
Peso (kilogramos)	68.97	9.06	52.4	86

Tabla 2
Porcentaje de trabajadores por Turno Laboral

Turno	Porcentaje
Matutino	52 %
Vespertino	48 %

Tabla 3
Porcentaje de trabajadores por Nave

Nave	Porcentaje
A	48 %
B	52 %

Tabla 4
Datos de Monitoreo Ambiental

Punto	CALCULO DE PROMEDIO DE TEMPERATURAS			VELOCIDAD DEL AIRE pies/min	Húmeda Relativa (%)
	Tbs ¹ Promedio	Tbh ² Promedio	Tg ³ Promedio		
1	39.85	27.38	40.28	212.83	48.33
2	36.73	20.75	41.78	468.89	20.33
3	38.53	22.85	48.93	250.86	18.00
4	39.23	24.40	53.08	268.89	17.00
5	37.25	23.08	44.53	318.74	21.00
6	38.93	24.25	47.60	392.99	22.67
7	40.20	24.40	42.55	328.89	23.67
8	44.03	24.53	51.18	194.80	24.33
9	41.75	23.53	48.90	378.74	18.00
10	39.28	21.00	43.90	407.86	16.00
Media	39.58	23.61	46.27	322.34	22.93
Desviación Estándar	2.11	1.90	4.27	90.21	9.3
Rango mínimo	36.73	20.75	40.28	194.80	16.00
Rango Máximo	44.03	27.38	53.08	468.89	48.33

1. Temperatura de bulbo seco (Tbs)
2. Temperatura de bulbo húmedo (Tbh)
3. Temperatura de globo (Tg)

Tabla 5
Calculo de TGBH¹ por punto, comparación con LMPE² y puntos rebasados por norma.

REGISTRO DE TEMPERATURAS			
Punto	TGBH PROMEDIO	LMPE	DIFERENCIA
1	31.20	26.7	4.50
2	26.55	26.7	-0.15
3	29.63	26.7	2.93
4	31.62	26.7	4.92
5	28.78	26.7	2.08
6	30.39	26.7	3.69
7	29.61	26.7	2.91
8	31.81	26.7	5.11
9	30.42	26.7	3.72
10	27.41	26.7	0.71
Media	29.74	26.7	-
Desviación Estándar	1.74	0	-
Rango mínimo	26.55	0	-
Rango máximo	31.81	0	-

1. TGBH: Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo

2. LPME: Límite máximo permisible

Tabla 6
Calculo de Temperatura Media Radiante (Tw), Calor por Radiación © y Calor por convección ©, Evaporación máxima (Emax), Calor metabólico (M), Evaporación requerida (Ereq) e Índice de Estrés por Calor (ISC).

Punto	Tw	R	C	Emax	M	Ereq	ISC
1	106.09	194.00	164.57	2024.77	991.425	1350.00	66.67
2	133.14	667.40	94.02	4261.71	991.425	1752.84	41.13
3	155.75	1063.16	132.01	2774.08	991.425	2186.59	78.82
4	173.70	1377.33	164.96	2811.71	991.425	2533.71	90.11
5	141.89	820.53	97.28	3202.75	991.425	1909.23	59.61
6	155.21	1053.66	192.43	3530.65	991.425	2237.51	63.37
7	119.04	420.77	229.10	3172.90	991.425	1641.30	51.73
8	146.06	893.49	290.40	2383.49	991.425	2175.31	91.27
9	150.57	972.51	323.67	3650.60	991.425	2287.61	62.66
10	132.97	664.53	214.31	4022.81	991.425	1870.27	46.49
Media	141.44	812.74	190.27	3183.55	991.425	1994.44	65.19
Desviación Estándar	19.53	341.76	76.39	706.69	0	353.79	17.13
Rango Mínimo	106.09	194.00	94.02	2024.77	991.425	1350.00	41.13
Rango Máximo	173.70	1377.33	323.67	4261.71	991.425	2533.71	91.27

Tabla 7
Datos clínicos antes de la actividad laboral

Parámetro	Antes de la Actividad Laboral			
	Media	Desviación Estándar	Rango mínimo	Rango máximo
Peso Corporal (Kg)	68.97	9.06	52.4	86
Temperatura Central (°C)	36.2	0.64	35	37.2
Temperatura Axilar (°C)	35.3	0.91	33.3	36.8
PAM (mmHg)	92.26	10.89	74	118.7
Frecuencia Cardíaca (latidos/minuto)	72	10.16	56	90
Déficit de agua (litros)	0.76	0.57	-0.173	2.67

Tabla 8
Datos clínicos durante la actividad laboral

Parámetro	Durante la Actividad Laboral			
	Media	Desviación Estándar	Rango mínimo	Rango máximo
Peso Corporal (Kg)	68.17	8.96	51.7	84.5
Temperatura Central (°C)	37.28	1.13	36	39.8
Temperatura Axilar (°C)	35.83	1.04	33.7	37.9
PAM (mmHg)	97.55	15.6	80.7	140.3
Frecuencia Cardíaca (latidos/minuto)	89.88	12.30	67	117
Déficit de agua (litros)	0.63	0.42	-0.53	1.40

Tabla 9
Nivel de electrolitos séricos, glucosa, creatinina y BUN* antes de la actividad laboral.

Parámetro	Antes de la Actividad Laboral			
	Media	Desviación Estándar	Rango mínimo	Rango máximo
Glucosa mg/dl	83.54	9.07	59.5	98.9
Creatinina mg/dl	0.94	0.16	0.75	1.48
BUN mg/dl	16.55	3.63	9.5	22.7
Sodio (Na) mmol/L	142.48	1.71	139.3	147.6
Potasio (K) mmol/L	4.02	0.39	3.04	4.84
Cloro (Cl) mmol/L	110.06	2.21	106.8	114.6

*BUN: Nitrógeno ureico.

Tabla 10
Nivel de electrolitos séricos, glucosa, creatinina y BUN* después de la actividad laboral.

Parámetro	Final de la Actividad Laboral			
	Media	Desviación Estándar	Rango mínimo	Rango máximo
Glucosa mg/dl	60.39	17.18	40	89.9
Creatinina mg/dl	1.03	0.14	0.7	1.32
BUN* mg/dl	17.54	3.78	11.2	22.8
Sodio (Na) mmol/L	142.09	1.48	137.6	145.1
Potasio (K) mmol/L	5.43	1.98	3.34	9.51
Cloro (Cl) mmol/L	108.51	2.18	104.3	112.6

*BUN: Nitrógeno ureico.

Tabla 11
Prueba ttest de Turno e Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (TGBH)

Turno	Media	Desviación Estándar	<i>p</i> *
Matutino	29.52833	2.307927	0.9702
Vespertino	29.55769	1.5229467	

**p* = < 0.05

Tabla 12
Prueba ttest de Nave e Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (TGBH)

Nave	Media	Desviación Estándar	p*
A	29.1	2.154585	0.2320
B	30.02417	1.526496	

*p = < 0.05

Tabla 13
Diferencia entre temperatura central antes y durante la actividad laboral

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango Mín.	Rango Máx.	p*
Temperatura Central 1	36.2	0.6487168	35	37.2	0.0001
Temperatura Central 2	37.288	1.136266	36	39.8	
Temperatura Central Diferencia	1.088	1.195938	-0.5	3.9	

Temperatura Central 1: Tomada antes de la actividad laboral.

Temperatura Central 2: Tomada durante la actividad laboral.

*p = < 0.05

Tabla 14
Diferencia entre temperatura axilar antes y durante la actividad laboral

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango Mín.	Rango Máx.	p*
Temperatura Axilar 1	35.324	0.9175511	33.3	36.8	0.0231
Temperatura Axilar 2	35.836	1.044382	33.7	37.9	
Temperatura Axilar Diferencia	.512	1.054482	-1.6	2.6	

Temperatura Axilar 1: Tomada antes de la actividad laboral.

Temperatura Axilar 2: Tomada durante la actividad laboral.

*p = < 0.05

Tabla 15
Diferencia entre presión arterial sistólica, diastólica y presión arterial media antes y durante la actividad laboral

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango Mín.	Rango Máx.	<i>p</i> *
Sistólica 1	121.04	21.26515	92	176	0.832
Sistólica 2	132.08	26.15486	98	201	
Sistólica Diferencia	-11.04	30.53479	-92	30	
Diastólica 1	77.88	10.36549	54	104	0.4207
Diastólica 2	80.28	13.32767	65	110	
Diastólica Diferencia	-2.4	14.64866	-30	28	
PAM 1	92.264	10.89	74	118.7	0.1317
PAM 2	97.552	15.62717	80.7	140.3	
PAM Diferencia	5.28	16.95342	-21.3	50	

PAM: Presión Arterial Media

Sistólica 1, Diastólica 1 y PAM 1: Tomada antes de la actividad laboral.

Sistólica 2, Diastólica 1 y PAM 2: Tomada durante la actividad laboral.

**p* = < 0.05

Tabla 16
Diferencia de la frecuencia cardiaca antes y durante la actividad laboral

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango Mín.	Rango Máx.	<i>p</i> *
Frecuencia Cardiaca 1	72	10.1694	56	90	0.0001
Frecuencia Cardiaca 2	89.88	12.30285	67	117	
Frecuencia Cardiaca Diferencia	17.88	12.8203	0	53	

Frecuencia Cardiaca 1: Tomada antes de la actividad laboral.

Frecuencia Cardiaca 2: Tomada durante la actividad laboral.

**p* = < 0.05

Tabla 17
Diferencia del peso corporal antes y durante la actividad laboral

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango Mín.	Rango Máx.	<i>p</i> *
Peso Corporal 1	68.972	9.060745	52.4	86	0.0001
Peso Corporal 2	68.176	8.969777	51.7	84.5	
Peso Corporal Diferencia	0.796	0.6393226	-0.4	2	

Peso Corporal 1: Tomado antes de la actividad laboral.

Peso Corporal 2: Tomado al final la actividad laboral.

**p* = < 0.05

Tabla 18
Diferencias de los parámetros de química sanguínea antes y durante la actividad laboral

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango Mín.	Rango Máx.	<i>p</i> *
Glucosa 1	83.544	9.076163	59.5	98.9	0.0001
Glucosa 2	60.396	17.18113	40	89.9	
Glucosa Diferencia	-23.148	17.76038	-51.1	11.9	
Creatinina 1	0.9404	0.1653904	0.75	1.48	0.0014
Creatinina 2	1.0372	0.1436872	0.7	1.32	
Creatinina Diferencia	0.0968	0.1336575	-0.16	0.36	
BUN 1	16.552	3.633424	9.5	22.7	0.0564
BUN 2	17.544	3.785507	11.2	22.8	
BUN Diferencia	0.992	2.474355	-3.9	5.7	

BUN: Nitrógeno Ureico

Glucosa 1, Creatinina 1 y BUN 1: Tomadas antes de la actividad laboral.

Glucosa 2, Creatinina 2 y BUN 2: Tomadas al final de la actividad laboral.

**p* = < 0.05

Tabla 19
Diferencias de los parámetros de electrólitos séricos antes y durante la actividad laboral

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango Mín.	Rango Máx.	<i>p</i> *
Na 1	142.484	1.719904	139.3	147.6	0.3529
Na 2	142.096	1.481408	137.6	145.1	
Na Diferencia	-0.388	2.047828	-4.1	3.4	
K 1	4.0252	0.3929602	3.04	4.84	0.0009
K 2	5.4304	1.983655	3.34	9.51	
K Diferencia	1.4052	1.863494	-0.49	5.37	
Cl 1	110.068	2.210904	106.8	114.6	0.0024
Cl 2	108.516	2.183399	104.3	112.6	
Cl Diferencia	-1.552	2.289308	-6.6	3.1	

Na: Sodio

K: Potasio

Cl: Cloro

Na 1, K 1 y Cl 1: Tomados antes de la actividad laboral.

Na 2, K 2 y Cl 2: Tomados al final de la actividad laboral.

**p* = < 0.05

Tabla 20
Diferencias de los parámetros de déficit de agua y osmolalidad antes y al final de la actividad laboral

Variable	Media	Desviación Estándar	Rango Mín.	Rango Máx.	<i>p</i> *
Déficit de Agua 1	0.76268	0.5716157	-0.173	2.674	0.2495
Déficit de Agua 2	0.6264	0.4175511	-0.532	1.404	
Déficit de Agua Diferencia	-0.13616	0.5774215	-1.27	0.928	
Osmolalidad 1	295.5212	3.779851	287.98	306.43	0.0861
Osmolalidad 2	293.812	3.728001	284.13	301.39	
Diferencia Osmolalidad	1.709202	4.774276			

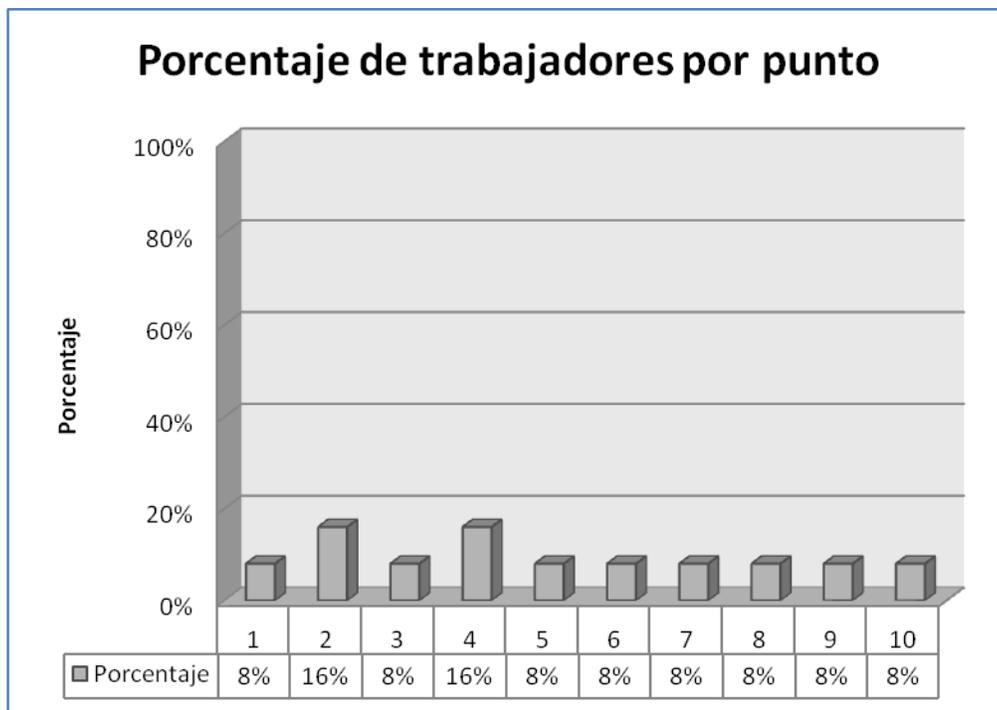
Déficit de Agua 1 y Osmolalidad 1: Calculados con datos reportados antes de la actividad laboral.
Déficit de Agua 2 y Osmolalidad 2: Calculados con datos reportados al final de la actividad laboral.
**p* = < 0.05

Tabla 21
Frecuencia de porcentaje de peso perdido y relación con diferencia de frecuencia cardiaca antes y durante la actividad laboral

Grupo	Porcentaje	Media	Desviación Estándar	<i>p</i> *
Grupo I < 1%	48 %	19.333	4.006	0.5968
Grupo II ≥ 1%	52 %	16.538	3.375	
Diferencia		2.794	5.210	

GRÁFICOS

Gráfico 1
Porcentaje de Trabajadores por punto medido



Fuente: Estrés por calor en trabajadores de un manufacturera de plásticos.

Gráfico 2
Ubicación de puntos medidos

