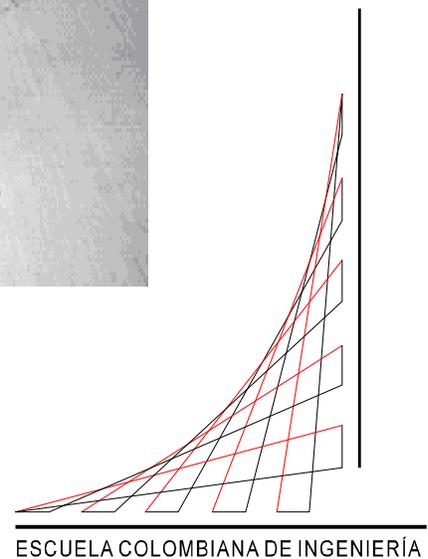


# TEMPERATURA PROTOCOLO

**Curso de Higiene y Seguridad Industrial**



**EDICION 2008-1  
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL  
LABORATORIO DE PRODUCCION**



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	3
SEGURIDAD PARA LA PRÁCTICA .....	4
1. TABLA DE CONTENIDO DE LA PRÁCTICA .....	4
1.1 Explicación teórica .....	4
1.2 Realización de la práctica .....	4
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Temperatura.....	5
2.2 Transferencia de calor.....	6
2.3 Temperatura ambiente .....	6
2.4 Temperatura efectiva .....	6
2.5 Humedad.....	6
2.6 Zona termal confortable .....	6
2.7 Temperatura operativa .....	6
2.8 Fatiga por calor: .....	6
2.9 Zona de conformidad térmica.....	7
2.10 CLO .....	7
2.11 Estrés Térmico.....	8
3. COMPORTAMIENTO DEL ORGANISMO DESDE UN PUNTO DE VISTA TÉRMICO.....	8
4. PRINCIPALES EFECTOS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS SOBRE EL ORGANISMO.....	8
5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN... 8	8
6. ÍNDICES PARA LA EVALUACIÓN DEL CALOR. ....	9
6.1 Índice WBGT (Temperatura Global de Bulbo Húmedo). ....	9
6.1.1 Estimación del Índice WBGT.....	10
6.2 Limitaciones del método WBGT .....	11
6.3 Consumo metabólico (M) .....	12
7. CRITERIOS DE VALORACIÓN. ....	12
7.1 Gasto energético y valor límite permisible para altas temperaturas....	12
7.2 Aislamiento térmico del vestido (CLO) .....	16
7.3 Grado de Riesgo .....	18
8. FUNCIONAMIENTO Y PUESTA A PUNTO DEL DISPOSITIVO PARA INDICE WBGT .....	20
9. PASOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA .....	21
10. GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA DE NIVELES DE TEMPERATURA .....	22
11. BIBLIOGRAFÍA.....	24
12. CONTENIDO DE LA PRÁCTICA.....	25
13. FORMATOS .....	26

## INTRODUCCIÓN

La existencia de calor en el ambiente laboral constituye frecuentemente una fuente de problemas que se traducen en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo y, en ocasiones, riesgos para la salud.

Los ambientes térmicos requieren un estudio, conocimiento y adecuado tratamiento desde el campo de la Seguridad Industrial; debido a los efectos que estos pueden provocar en el individuo y en su actividad laboral, dando lugar a riesgos profesionales. La influencia de ambientes con temperaturas alejadas de las habituales en los puestos de trabajo, se aprecia en los índices de productividad, y, especialmente, en las consecuencias sobre la salud de las personas.

El riesgo de estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente caluroso, depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles.

Debido a la gran cantidad de legislaciones existen en los países, es casi obligado realizar este tipo de estudios. Por tal razón, esta práctica es muy importante para el Ingeniero Industrial ya que lo va familiarizando con el estudio de las condiciones físicas de los puestos de trabajo.

Para la realización de esta práctica se utilizara el Método WBGT.

## OBJETIVOS

- Conocer como la temperatura influye en el desempeño laboral.
- Aprender a manejar tablas y gráficos para el estudio de condiciones de temperatura en un puesto de trabajo.
- Manejar los conceptos relacionados con el confort térmico.
- Conocer y aplicar el índice WBGT, para el estudio de las condiciones físicas, concernientes a la temperatura.
- Comparar el índice de Estrés Térmico (WBGT) con los valores límites establecidos por la ACGIH.
- Aplicar conocimientos en un ejercicio práctico.
- Formular recomendaciones en los puestos de trabajo donde sean requeridos.

## SEGURIDAD PARA LA PRÁCTICA

Para evitar lesiones y accidentes durante la práctica o daños en los instrumentos utilizados, es necesario que los estudiantes tengan en cuenta:

- Seguir las instrucciones impartidas por el monitor para la realización correcta de la práctica y tener conocimiento previo del contenido de esta.
- Utilizar los elementos de protección personal que sean requeridos en cada una de las áreas a evaluar.
- Al realizar las medidas tener especial cuidado al aproximar las manos y el dispositivo de medición a maquinarias en movimiento, posibles fuentes de energía, elementos a altas temperaturas o fuentes de riesgo para el analista y el equipo.
- Manejar el equipo de medición según se el procedimiento indicado para evitar averías en el mismo y generar buenas mediciones.
- Buscar interferir lo menos posibles con el personal y ambiente de trabajo para evitar generar fuentes de distracción o variaciones en las condiciones normales de trabajo.

### 1. TABLA DE CONTENIDO DE LA PRÁCTICA

#### 1.1 Explicación teórica

<b>TEORÍA</b>	<b>TIEMPO (min.)</b>
-Generalidades de la temperatura y conceptos básicos.	10
-Puesta a punto y explicación del dispositivo para calcular el índice WBGT.	7
-Zona de confort térmico.	5
-Aislamiento térmico.	8
-Gasto metabólico.	10
-Calculo índice WBGT.	10
<b>Total</b>	<b>50</b>

#### 1.2 Realización de la práctica

<b>PRÁCTICA</b>	<b>TIEMPO (min.)</b>
-Conocer las normas de seguridad para realizar las medidas.	5
-Análisis de la operación.	10
-Toma de tiempos por actividad	15
-Recolección de datos necesarios para la práctica.	10
<b>Total</b>	<b>40</b>

## 2. MARCO TEÓRICO

Dentro de las condiciones de trabajo, la temperatura es un factor determinante en el rendimiento de un trabajador. Temperaturas muy altas o demasiado bajas repercuten en el operador de manera perjudicial, no solo para su labor sino también en su salud.

Para estudios de temperatura el ser humano se modela como un cilindro con cubierta, que corresponde a la piel, los tejidos superficiales y las extremidades, con un núcleo correspondiente a los tejidos más profundos del tronco y la cabeza. Las temperaturas del núcleo presentan un intervalo pequeño alrededor de un valor normal de 37 °C y para intervalos entre 37.8 °C y 38.9 °C el desempeño cae de forma abrupta.

Para temperaturas superiores a 40.6 °C el mecanismo de sudor puede fallar y causar una elevación rápida del núcleo y con el tiempo la muerte.

Las capas exteriores del cuerpo pueden variar en un rango mayor sin que se presenten tantos desequilibrios en el organismo. El exterior actúa como un amortiguador para proteger las temperaturas del núcleo.

El intercambio de calor entre el cuerpo y su entorno se puede representar por la siguiente ecuación de balance de calor:

$$S = M \pm C \pm R - E$$

**Donde:**

- M** = Es el aumento de calor por metabolismo.
- C** = Aumento de calor (o pérdida) por conducción.
- R** = Aumento de calor (o pérdida) por radiación.
- E** = Pérdida de calor a través de la evaporación del sudor.
- S** = Almacenamiento de calor (o pérdida) del cuerpo.

Para la neutralidad térmica, **S** debe ser cero. Si la suma de varios intercambios de calor a través del cuerpo dan como resultado una ganancia de calor, esto representa un aumento de temperatura en el núcleo, que puede generar un problema potencial por calor.

A continuación se presentan, de manera general, los conceptos más importantes que se deben tener presentes para la realización de la práctica:

### 2.1 Temperatura

Propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el calor o frío relativos y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva un aumento de su temperatura mientras no se produzca la fusión o ebullición. En el caso de dos cuerpos con temperaturas diferentes, el calor fluye del más caliente al más frío, hasta que sus temperaturas sean idénticas y se alcance el equilibrio térmico.

## 2.2 Transferencia de calor

El calor tiende a pasar desde los puntos en los que la temperatura es alta hacia aquellos en los que es inferior.

De acuerdo con los materiales en los cuales se está realizando la transferencia de calor se tienen diferentes procesos como son:

- **Conducción:** Cuando la transferencia de calor se realiza a través de sólidos o fluidos que no están en movimiento,
- **Convección:** Cuando la transferencia se realiza a través de fluidos en movimiento.
- **Radiación:** Cuando el calor es transferido de un cuerpo a otro sin soporte material alguno.

## 2.3 Temperatura ambiente

Es la temperatura experimentada por una persona en un ambiente dado. Esta temperatura es el resultado del intercambio de calor por conducción (a través de pisos o herramientas) y radiación (Muros, plafones, sol).

## 2.4 Temperatura efectiva

Es un índice determinado experimentalmente, que incluye la temperatura, el movimiento del aire y la humedad. El intervalo normal es desde  $18.3\text{ C}^0$  hasta  $22.8\text{ C}^0$ , con una humedad relativa de 20% a 60%.

## 2.5 Humedad

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

- **Humedad Absoluta:** Es la masa de agua o vapor de agua por unidad de volumen. En el caso del aire se expresa en  $\text{g/m}^3$ .
- **Humedad Específica:** Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua y la masa total. En el caso del aire se expresa en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire húmedo.
- **Humedad Relativa:** Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua que existe en un determinado volumen y la cantidad de agua o vapor de agua necesaria para que se sature dicho volumen a la misma temperatura. Se expresa en porcentaje.

## 2.6 Zona termal confortable

Es el intervalo normal de temperatura efectiva. Se recomiendan temperaturas de  $18.8\text{ C}^0$  y  $22.9\text{ C}^0$  como límites externos para la regulación termostática.

## 2.7 Temperatura operativa

Es la temperatura del cuerpo de un trabajador. Se determina por los efectos acumulativos de todas las fuentes y receptores de calor.

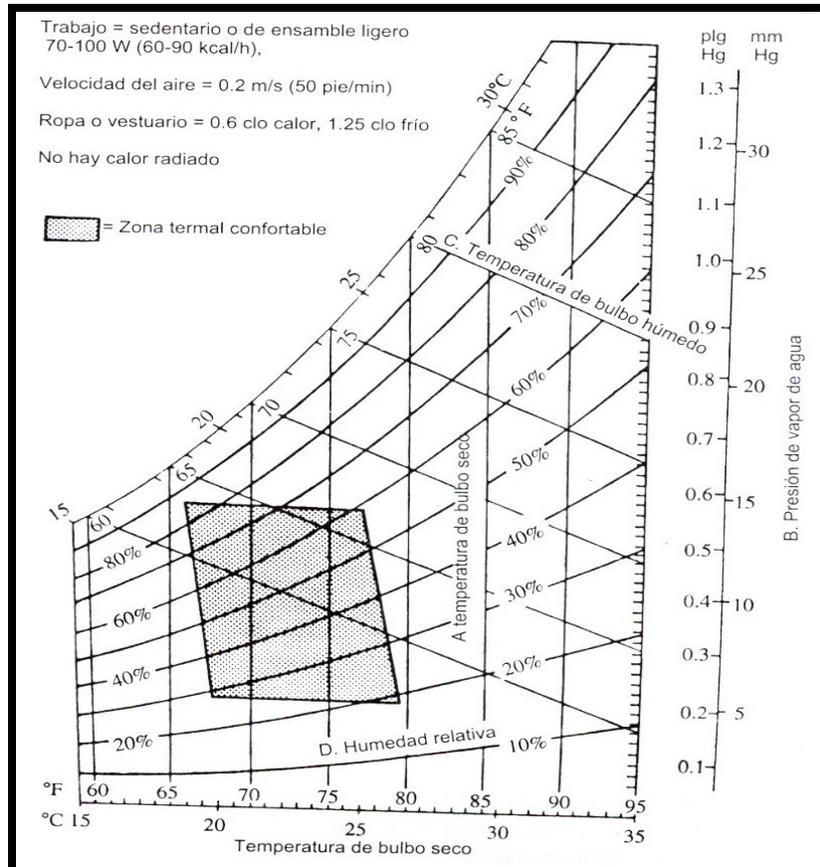
## 2.8 Fatiga por calor

Se presenta cuando hay un ascenso máximo en la temperatura del cuerpo de un individuo de  $1\text{ C}^0$ .

## 2.9 Zona de conformidad térmica

Para el estudio de temperaturas se ha determinado una zona de confort térmico para áreas donde se realiza trabajo ligero y sedentario durante 8 horas. Este intervalo se encuentra a temperaturas entre los 18.9 °C y 26.1 °C, con una humedad relativa de 20% a 80%. (Ver Figura No. 1)

Sin embargo la ropa y la radiación de calor afectan el sentido individual de comodidad dentro de esta zona de conformidad.



Fuente: Niebel, Benjamín W. Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos. Novena Edición. Alfaomega. Pág. 274.

**Figura 1. Zona de Confort Térmico**

## 2.10 CLO

Medida de aislamiento proporcionado por la ropa. Se tiene que 1 CLO es igual a 0.16 °C por Watt y por metro cuadrado del área superficial del cuerpo.

Para condiciones en las que el trabajador se encuentra bajo determinado rango de temperaturas se puede utilizar ropa protectora que proporcione equilibrio entre la temperatura, la actividad física y el aislamiento de la ropa.

El grado de aislamiento que ofrece una configuración de ropa o elementos aislantes a determinado trabajo representa el grado de CLO es decir, el CLO es una medida de aislamiento térmico. (Ver Figura No. 2)

### 2.11 ESTRÉS TÉRMICO

Es la presión que se ejerce sobre la persona cuando esta expuesta a temperaturas extremas.

## 3. COMPORTAMIENTO DEL ORGANISMO DESDE UN PUNTO DE VISTA TÉRMICO

El ser humano mantiene un equilibrio térmico a través de mecanismos reguladores internos que permiten conservar su temperatura basal (del cuerpo) en 37 °C con pequeñas variaciones, de 0,5 °C alrededor de este valor, según los individuos. Las alteraciones a esta temperatura provocan trastornos de tipo fisiológico que, mientras no alcance límites superiores a 39 °C o inferiores a 34 °C, no implican trastornos graves a la salud de la persona.

## 4. PRINCIPALES EFECTOS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS SOBRE EL ORGANISMO.

El organismo puede entenderse como un sistema energético con unos parámetros internos que, en el caso de la temperatura, deben mantenerse en unos límites muy estrechos.

La temperatura media normal en el **interior del organismo** es de 37 °C.

La temperatura media normal **de la piel**, es del orden de 35 °C.

Cuando el calor cedido por el organismo al medio ambiente, es inferior al calor recibido o producido por el metabolismo total (basal + de trabajo), el organismo tiende a aumentar su temperatura, y para evitar esta hipertermia (aumento de la temperatura del cuerpo), pone en marcha otros mecanismos entre los cuales podemos citar:

- **Vasodilatación sanguínea:** aumento del intercambio de calor.
- **Activación:** apertura de las glándulas sudoríparas: aumento del intercambio de calor por cambio de estado de sudor de líquido a vapor.
- **Aumento de la circulación sanguínea periférica:** Puede llegar a 2,6 lt/m<sup>2</sup>.
- **Cambio electrolítico de sudor:** la pérdida de NaCl puede llegar a 15 gr/lt.

## 5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN.

A continuación se presentaran los criterios, en el momento de realizar estudios de estrés término:

- **Velocidad del Aire:** Permite el intercambio calórico entre el individuo y el ambiente laboral, al facilitar la pérdida de calor por convección.
- **Humedad Relativa:** Es una variable que facilita o dificulta la transmisión de calor del individuo al medio ambiente, al permitir o no la evaporación del sudor que requiere el individuo para lograr su equilibrio térmico.

- **Tipo de Trabajo:** La actividad física que demanda la realización del trabajo, al igual que la posición y movimientos del cuerpo, origina un gasto energético en el individuo, el cual está directamente relacionado con el valor límite permitido para exposición a altas temperaturas (ACGIH).
- **Tiempo de Exposición:** Se entiende como el régimen de trabajo en horas al cual está expuesto el trabajador a altas temperaturas, incidiendo directamente en el valor límite permitido.
- **Susceptibilidad Individual:** Es la característica que posee cada persona de reaccionar ante la exposición al factor de riesgo por sus condiciones y antecedentes personales.

## 6. ÍNDICES PARA LA EVALUACIÓN DEL CALOR.

Todos los índices tienen como finalidad establecer una relación cuantitativa entre los parámetros de una condición ambiental con relación a una situación referencial límite.

Los índices más utilizados para evaluar el estrés térmico son:

- Índices para determinar grados de confort.
- Índice de la temperatura efectiva.
- Índice de la temperatura efectiva corregida.
- Índices PMV, PPD y norma ISO 7730.
- Índices para determinar situaciones de riesgo.
- **Índice WBGT (Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo).**
- Índice de estrés Térmico IST.

*En esta práctica, se utilizará el método WBGT, para realizar el estudio de las condiciones térmicas en varios puesto de trabajo.*

### 6.1 Índice WBGT (Temperatura Global de Bulbo Húmedo).

Este índice fue establecido por Young y Minard, en los años 50, para la Marina Norteamericana, como método para estudiar el ambiente térmico durante la ejecución de ejercicios y entrenamientos militares. La gran ventaja de este método radica en su sencillez de aplicación: mediciones, cálculos e interpretación.

El indicador aceptado por la legislación colombiana es el índice WBGT, de acuerdo con lo estipulado en la resolución 2400 de 1979.

Es un índice basado en la combinación de las cargas de calor ambiental y cargas de calor metabólico.

- **Cargas de Calor Ambiental:** Están representadas por los valores de temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo, y la temperatura de bulbo seco, cuando se trabaja bajo exposición solar.

- **Calor Metabólico:** Es la suma del calor que se produce en el cuerpo humano debido a la acción de las funciones vegetativas tales como digestión, respiración, circulación sanguínea etc; más el calor producido por las funciones físicas que se estén realizando de acuerdo al trabajo efectuado, o labor que este desempeñando el trabajador.

### 6.1.1 Estimación del Índice WBGT.

Este indicador consiste en la ponderación fraccionada de las temperaturas húmedas, de globo y a veces temperaturas secas. Las principales fórmulas que lo definen son:

- **En Exteriores (con exposición solar)**

$$\text{WBGT} = 0.7 \cdot \text{TBH} + 0.2 \cdot \text{TG} + 0.1 \cdot \text{TBS} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

- **En Interiores (sin exposición solar - a la sombra)**

$$\text{WBGT} = 0,7 \cdot \text{TBH} + 0.3 \cdot \text{TG} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

**Siendo:**

- **TBS (Temperatura de bulbo seco o de referencia °C):** Es la temperatura indicada por un termómetro de mercurio cuyo bulbo se ha apantallado de la radiación por algún medio que no restrinja la circulación natural del aire a su alrededor.  
Es la temperatura tomada con el termómetro convencional para tener un parámetro de comparación frente a las otras dos. Tiene importancia cuando las mediciones se realizan en exteriores con carga solar.

El sensor debe tener las siguientes características:

- Forma cilíndrica.
  - Diámetro externo de 6mm ± 1 mm.
  - Longitud 30mm ± 5mm.
  - Rango de medida 5 °C 40 °C.
  - Precisión ± 0,5 °C.
  - El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6mm, y parte de él (20 mm) debe estar cubierto por un tejido, para reducir el calor transmitido por conducción desde el soporte al sensor.
  - El tejido debe formar una manga que ajuste sobre el sensor. No debe estar demasiado apretado ni demasiado holgado.
  - El tejido debe mantenerse limpio.
- **TBH (Temperatura Húmeda °C):** Es la temperatura indicada por un termómetro de mercurio cuyo bulbo se encuentra recubierto por una muselina empapada de agua, ventilado únicamente de forma natural y no apantallado de las fuentes de radiación.

Esta es la temperatura parte de evaluar la velocidad aproximada a la que el trabajador esta perdiendo agua a causa de su exposición al calor.

- **TG (Temperatura de globo °C):** Es la temperatura indicada por un termómetro cuyo bulbo se encuentra alojado en el centro de una esfera de cobre hueca, de 15 cm de diámetro y pintada exteriormente de negro mate. Es la temperatura a la que se encuentra sometido el trabajador a causa de la radiación (una de las formas en que se transmite el calor) de una fuente de calor que se encuentra cercana a la zona donde este desempeña sus función. Esta componente es la que indica la temperatura proveniente de la radiación en el sitio de la evaluación.

La esfera debe tener las siguientes características:

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

## 6.2 Limitaciones del método WBGT

La simplicidad del método hace que esté sujeto a ciertas limitaciones, debidas a las obligadas restricciones en algunas variables. Así por ejemplo, la curva límite sólo es de aplicación a individuos cuya vestimenta ofrezca una resistencia térmica aproximada de 0,6 clo., que corresponde a un atuendo veraniego.

La velocidad del aire: Sólo interviene a partir de cierto valor del consumo metabólico y de forma cualitativa, aumentando 1 ó 2 °C los límites del índice WBGT, cuando existe velocidad de aire en el puesto de trabajo. Ver tabla 1

La aclimatación al calor es un proceso de adaptación fisiológica que incrementa la tolerancia a ambientes calurosos, fundamentalmente por variación del flujo de sudor y del ritmo cardíaco. La aclimatación es un proceso necesario, que debe realizarse a lo largo de 6 ó 7 días de trabajo, incrementando poco a poco la exposición al calor.

Cuando la situación de trabajo no se adapte al campo de aplicación del método, es decir, que la velocidad del aire o el vestido sean muy diferentes de lo indicado, debe recurrirse a métodos más precisos de valoración.

Al utilizar el instrumento que existe en el laboratorio de Ergonomía de la ECI, para la toma de temperaturas, es necesario dejar el instrumento durante 20 min, en el lugar donde se esté tomando la medida de temperatura, para lograr que se estabilice el agua destilada, lo cual genera otro de las limitaciones de este método (claro esta, con este instrumento en particular, ya que con los instrumentos de alta tecnología, no se tiene que realizar este procedimiento).

### 6.3 Consumo metabólico (M)

La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo es una variable que es necesario conocer para la valoración del estrés térmico. Para estimarla se puede utilizar el dato del consumo metabólico, que es la energía total generada por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como consecuencia de la tarea que desarrolla el individuo, despreciando en este caso la potencia útil (puesto que el rendimiento es muy bajo) y considerando que toda la energía consumida se transforma en calorífica.

El término **M** puede medirse a través del consumo de oxígeno del individuo, o estimarlo mediante tablas. Esta última forma es la más utilizada, pese a su imprecisión, por la complejidad instrumental que conlleva la medida del oxígeno consumido.

Existen varios tipos de tablas que ofrecen información sobre el consumo de energía durante el trabajo. Unas relacionan, de forma sencilla y directa, el tipo de trabajo con el término **M** estableciendo trabajos concretos (escribir a máquina, descargar camiones etc.) y dando un valor a **M** por cada uno de ellos. Otras, determinan un valor a **M** según la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal. Este último se considera de 1 Kcal / min como media para la población laboral y debe añadirse siempre.

## 7. CRITERIOS DE VALORACIÓN.

A continuación se presentarán los principales criterios que se deben tener en cuenta en el momento de llevar a cabo estudios de estrés térmicos:

### 7.1 Gasto energético y valor límite permisible para altas temperaturas

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (**ACGIH**) ha establecido los siguientes valores máximos de exposición, los cuales se presentan en las Tablas No. 1, 2 y 3.

REGIMEN DE TRABAJO- DESCANSO	CARGA DE TRABAJO Kcal/hr		
	LIGERO 200 Kcal/hora o menos	MODERADO 200 Kcal/hora - 300 Kcal/hora	PESADO Más de 300 kcal/hora
Trabajo continuo	30.0 °C	26.7 °C	25.0 °C
75% trabajo - 25% descanso (cada hora)	30.6 °C	28.0 °C	25.9 °C
50% trabajo - 50% descanso (cada hora)	31.4 °C	29.4 °C	27.9 °C
25% trabajo - 75% descanso (cada hora)	32.2 °C	31.1 °C	30.0 °C

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. Pág. 109.

**Tabla No. 1.** Valores de las Temperaturas WBGT Admisibles.

Posición y movimientos del cuerpo	Kcal/minuto
Sentado	0.3
De pie	0.6
Andando en terreno llano	2.0 - 3.0
Andando en terreno inclinado	Añadir a terreno llano 0.8 por metro de desnivel

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. Pág. 62.

**Tabla No. 2.** Gasto Energético por la Posición y Movimiento del Cuerpo.

Tipo de trabajo	Media (Kcal/min)	Rango (Kcal/min)
Trabajo manual ligero	0.4	0.2 - 1.2
Trabajo manual pesado	0.9	
Trabajo ligero con un brazo	1.0	0.7 - 2.5
Trabajo pesado con un brazo	1.7	
Trabajo ligero con ambos brazos	1.5	1.0 - 3.5
Trabajo pesado con ambos brazos	2.5	
Trabajo ligero con el cuerpo	3.5	2.5 - 15
Trabajo moderado con el cuerpo	5.0	
Trabajo pesado con el cuerpo	7.0	
Trabajo muy pesado con el cuerpo	9.0	

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. Pág. 61.

**Tabla No. 3.** Gasto Energético por tipo de Trabajo.

En la Tabla 4, se encuentra el gasto energético conforme a la actividad desarrollada, sin embargo para emplear dicha tabla usted debe tener en cuenta:

$$1 \text{ W/m}^2 = 1.553 \text{ kcal/hora}$$

Esta ecuación está dada para personas de  $1.8\text{m}^2$  con 80 kgrs., y  $20 \text{ m}^2$  de superficie. Es posible que la persona analizada tenga diferente superficie corporal, por lo tanto determine:

$$SC = 0.007184 P^{0.425} A^{0.725}$$

**Donde**

**SC**= es superficie corporal,  $\text{m}^2$

**P**=Peso en Kgs.

**A**= Altura en cms.

Nº	ACTIVIDAD	METABOLISMO (W/m <sup>2</sup> )	Nº	ACTIVIDAD	METABOLISMO (W/m <sup>2</sup> )
<b>1.</b>	<b>ACTIVIDADES DE BASE</b>		<b>2.1.2.</b>	Prefabricado de elementos de hormigón	
<b>1.1.</b>	Andar en llano, incluso en camino			· Encofrado y desencofrado	180
	· 2 km/h	110		(recubrimiento de hormigón pretensado)	
	· 3 km/h	140		· Colocar armaduras de acero	130
	· 4 km/h	165		· Colada de hormigón	180
	· 5 km/h	200		(recubrimiento de hormigón pretensado)	
<b>1.2.</b>	Andar en subida (a 3km/h)		<b>2.1.3.</b>	Construcción de edificios de viviendas	
	· pendiente de 5°	195		· Mezcla de cemento	155
	· pendiente de 10°	275		· Colada de hormigón para fundiciones	275
	· pendiente de 10°	390		· Compactado de hormigón por vibraciones	220
<b>1.3.</b>	Andar en bajada (a 5 km/h)			· Encofrado	100
	· pendiente de 5°	130		· Carga de una carretilla con piedras y mortero	275
	· pendiente de 10°	115			
	· pendiente de 10°	120	<b>2.2.</b>	Industria siderúrgica	
<b>1.4.</b>	Subir escaleras (peldaños de 0.172 m) 80 peldaños por minuto	440	<b>2.2.1.</b>	Alto horno	
<b>1.5.</b>	Bajar escaleras (peldaños de 0.172 m) 80 peldaños por minuto	155		· Preparar el canal de colada	340
<b>1.6.</b>	Transportar una carga en llano (a 4 km/h)			· Perforación	430
	· carga de 10 kg	185	<b>2.2.2.</b>	Moldeo (moldeo a mano)	
	· carga de 30 kg	250		· Moldeo de piezas de dimensiones medias	285
	· carga de 50 kg	360		· Comprimir con martillo neumático	175
<b>2.</b>	<b>PROFESIONES</b>			· Moldeo de piezas pequeñas	140
<b>2.1.</b>	Industria de la construcción		<b>2.2.3.</b>	Moldeo a máquina	
<b>2.1.1.</b>	Colocar ladrillos			· Desmoldeo	125
	· Ladrillo lleno (masa 3.8 kg)	150		· Moldeo, colada con un hombre	220
	· Ladrillo hueco (masa 4.2 kg)	140		· Moldeo, colada con dos hombres	210
	· Ladrillo hueco (masa 15.3 kg)	135		· Moldeo a partir de colada suspendida	190
	· Ladrillo hueco (masa 23.4 kg)	125			

Nº	ACTIVIDAD	METABOLISMO (W/m <sup>2</sup> )	Nº	ACTIVIDAD	METABOLISMO (W/m <sup>2</sup> )
2.2.4.	Taller de acabado	175	2.4.	Agricultura	
	· Trabajo con martillo neumático	175		Cavar (24 golpes/minuto)	380
2.3.	Industria Forestal		Laboreo con un tiro de caballos	235	
	2.3.1.	Transporte y trabajo con hacha		Laboreo con un tractor	170
· Andar con una carga de 7 kg a 4 km/h		285	Fertilización de un campo		
· Cargar sierra de cadena de 18 kg a 4 km/h	385	· Semillas a mano	280		
· Trabajo con hacha (2 kg, 33 golpes por minuto)	500	· Semillas con semillero tirado por caballos	250		
· Corte de raíces con hacha	375	· Semillas con un tractor	95		
· Poda	415	· Bina (masa del binador 1.25 kg)	170		
2.3.2.	Tala		2.5.	Deportes	
	· Corte a contrahilo, 2 hombres	415	2.5.1.	Carreras	
· 60 cortes dobles/min, 20 cm <sup>2</sup> /corte doble		· 9 km/h	435		
· 40 cortes dobles/min, 20 cm <sup>2</sup> /corte doble		· 12 km/h	485		
· Tala con sierra de cadena		· 15 km/h	550		
· Sierra de cadena con 1 hombre	240	2.5.2.	Ski		
· Sierra de cadena con 2 hombres	235	Sobre terreno llano, buena nieve			
Corte a contrahilo		· 7 km/h	350		
· Sierra de cadena con 1 hombre	205	· 9 km/h	405		
· Sierra de cadena con 2 hombres	205	· 12 km/h	510		
· Descortezamiento	190	2.5.3.	Patinaje		
· Valor medio en verano	225	· 12 km/h	225		
· Valor en invierno	390	· 15 km/h	285		
		· 18 km/h	360		
		2.6.	Trabajos domésticos		
		Limpieza	100-200		
		Cocina	80-135		
		Vajilla, de pie	145		
		Lavado a mano y repaso	120-220		
		Afeitado, lavado y vestirse	100		

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. Pág. 64.

**Tabla No. 4.** Gasto Energético según la Actividad Metabólica (Norma ISO 8996).

Para el cálculo de la carga de trabajo, se tomarán los datos estimativos recomendados por la ACGIH. Según este método la carga térmica de trabajo se calcula como adición de los valores establecidos para posición y movimiento del cuerpo y tipo de trabajo. A continuación se presentan las tablas utilizadas para la estimación de estos parámetros.

Para tareas donde la exposición a calor y el esfuerzo de trabajo son intermitentes, el promedio en tiempo se calcula según las ecuaciones siguientes:

$$\text{WBGT Promedio} = \frac{\text{WBGT1} \times \text{T1} + \text{WBGT2} \times \text{T2} + \dots + \text{WBGTn} \times \text{Tn}}{\text{T1} + \text{T2} + \dots + \text{Tn}}$$

$$\text{M Promedio} = \frac{\text{M1} \times \text{T1} + \text{M2} \times \text{T2} + \dots + \text{Mn} \times \text{Tn}}{\text{T1} + \text{T2} + \dots + \text{Tn}}$$

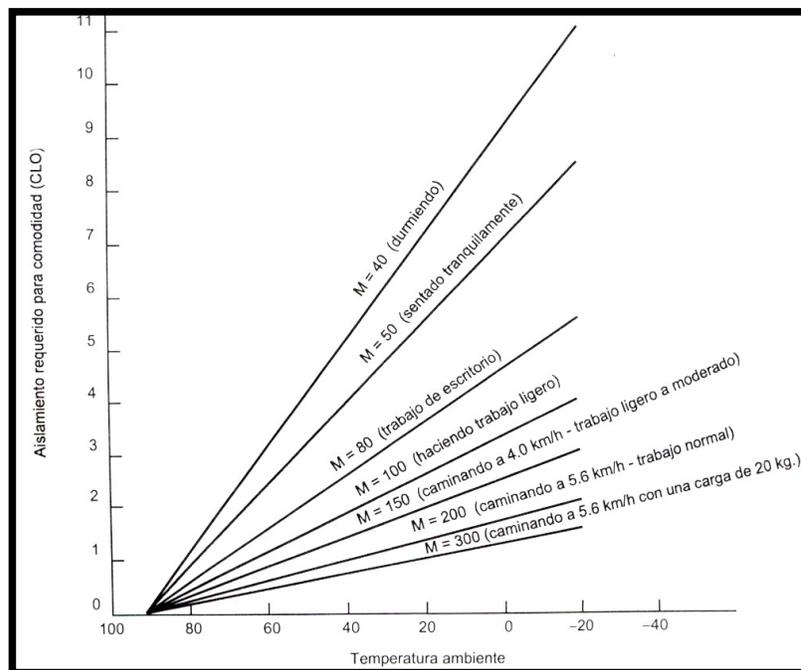
**Siendo:**

**M:** Gasto Energético.

**T:** Tiempo por Actividad de la Operación.

## 7.2 Aislamiento térmico del vestido (CLO)

El CLO es la medida de Aislamiento Proporcionado por la ropa. Se tiene que 1 CLO es igual a 0.16 °C por Watt y por metro cuadrado del área superficial del cuerpo.



**Fuente:** Niebel, Benjamín W. Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos. Novena Edición. Alfaomega. Pág. 278.

**Figura No. 2.** Aislamiento requerido para conformidad

Tipo de Vestido	I <sub>clo</sub>	
	(Clo)	(m <sup>2</sup> . °C/ W)
<i>Desnudo</i>	0.0	0.000
<i>Pantalones cortos</i>	0.1	0.015
<i>Conjunto tropical:</i> Pantalones cortos, camisa de manga corta abierta, calcetines finos, sandalias y calzoncillos.	0.3	0.045
<i>Conjunto ligero de verano:</i> Pantalones largos ligeros, camisa ligera de manga corta, calcetines finos, zapatos y calzoncillos.	0.5	0.078
<i>Ropa de trabajo ligera:</i> Ropa interior, camisa de manga larga, pantalones de vestir, calcetines de lana y zapatos.	0.7	0.108
<i>Conjunto de invierno de interior:</i> Ropa interior, camisa de manga larga, pantalones de vestir, chaqueta o jersey de manga larga, calcetines de invierno y zapatos.	1.0	0.155
<i>Conjunto completo de trabajo en interiores tradicional europeo:</i> Ropa interior, camisa, traje incluyendo chaqueta, pantalones y chaleco, calcetines de lana y zapatos.	1.5	0.232

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. (Tomada del Programa Spring 3.0).

**Tabla No. 5.** Aislamiento Térmico del Vestido.

El aislamiento del conjunto puede determinarse a partir del aislamiento de cada una de las prendas que lo componen, utilizando la siguiente ecuación:

$$I_{cl} = 0.82 \cdot \sum I_{cli}$$

A continuación se presenta una tabla donde se presentan los valores de aislamiento de las prendas que componen el conjunto del vestido.

TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)	TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)
<b>Ropa interior</b>		· Vestido de manga corta	0.29
· Sujetador + tanga	0.04	· Vestido de manga larga de verano	0.29
· Sujetador + media hasta la rodilla + tanga	0.06	· Vestido de manga larga de invierno	0.40
· Tanga hombre	0.03	<b>Jerseys</b>	
· Calzoncillo corto	0.04	· Ligerito manga corta con cuello en V de algodón	0.20
· Calzoncillo media pierna	0.08	· Ligerito manga corta con cuello en V sintético	0.25
· Camiseta de tirantes de algodón	0.06	· Ligerito de manga larga sintético	0.28
· Camiseta de algodón	0.10	· De manga larga sin cuello de lana	0.36
· Camiseta manga larga de algodón	0.12	<b>Varios</b>	
<b>Camisas y Blusas</b>		· Overol	0.52
· Polo de manga corta	0.17	· Chaqueta de trabajo sintética	0.21
· Camisa de manga corta	0.19	· Chaqueta de trabajo de algodón	0.26
· Camisa de manga larga ligera	0.20	· Blusa de laboratorio	0.35
· Camisa de manga larga normal	0.25	· Smoking: de verano	0.13
· Camisa de manga larga de franela	0.34	· Smoking: de invierno	0.45
· Blusa sin cuello	0.25	· Chaleco	0.13
<b>Pantalones</b>		<b>Zapatos - Calcetines</b>	
· Pantalones cortos de algodón	0.08	· Calcetines finos	0.02
· Pantalón ligero	0.20	· Calcetines gruesos	0.05
· Pantalón normal	0.25	· Media pierna finos	0.03
· Pantalón de franela	0.28	· Media pierna gruesos	0.10
· Pantalón-peto con tirantes	0.28	· Zapatos	0.03
<b>Faldas y Vestidos</b>		· Zapatillas de deporte	0.02
· Falda altura rodilla de verano	0.15	· Guantes gruesos	0.08
· Falda altura rodilla de invierno	0.23		

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. (Tomada del Programa Spring 3.0).

**Tabla No. 6.** Aislamiento Térmico por Prenda.

### 7.3 GRADO DE RIESGO

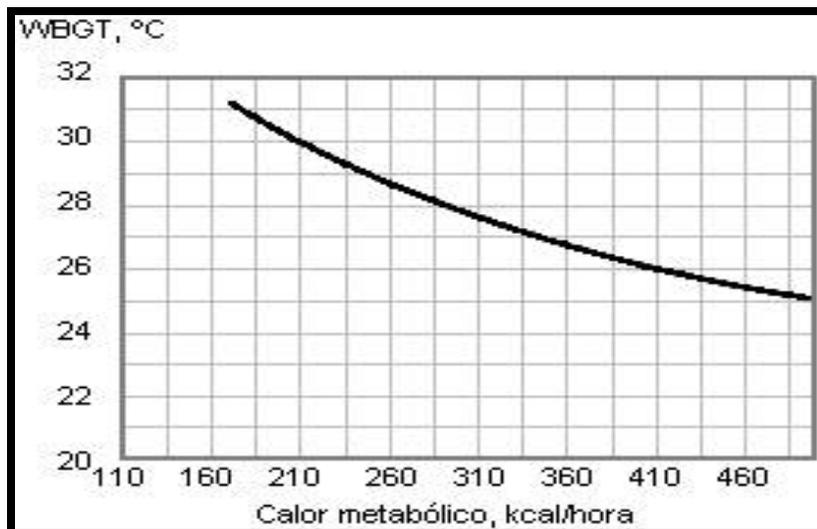
Es la relación entre la carga térmica soportada en WBGT y la carga máxima que puede soportar el trabajador, de acuerdo a los criterios establecidos por la ACGIH.

$$\text{GRADO DE RIESGO} = \frac{\text{La carga térmica soportada en WBGT}}{\text{La carga máxima que puede soportarse para el trabajo}}$$

La interpretación del resultado es la siguiente:

- **Grado de Riesgo > 1:** El trabajador se encuentra sobre-expuesto a altas Temperaturas.
- **Grado de Riesgo = 1:** El trabajador se encuentra en el umbral.
- **Grado de Riesgo < 1:** El trabajador no se encuentra sobre-expuesto a altas Temperaturas.

Por otro lado y una vez establecido el WBGT promedio y el gasto metabólico promedio se utiliza el gráfico de la Figura No. 3, para determinar si el valor obtenido en el estudio de campo se encuentra por encima de la curva de la gráfica (*Estrés Térmico*, es decir, condición no adecuada para el trabajador) o se encuentra por debajo de la curva de la gráfica (*no hay Estrés Térmico*, es decir, el trabajador se encuentra operando en condiciones buenas, más no óptimas).

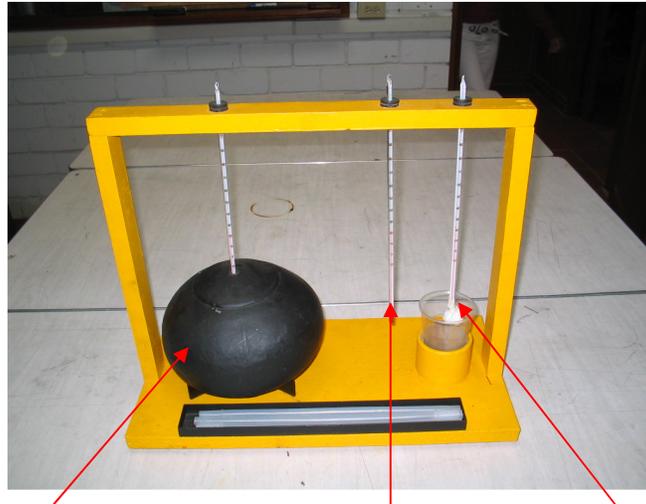


**Figura No. 3.** Gráfica WBGT vs. Calor Metabólico

## 8. FUNCIONAMIENTO Y PUESTA A PUNTO DEL DISPOSITIVO PARA INDICE WBGT

El dispositivo que se utilizará para la práctica fue desarrollado por estudiantes con asesoría de profesores, conforme con los requerimientos de la resolución 2400 de 1979.

Este aparato consta de las siguientes partes. (Ver Figura No. 4):



Termómetro de Globo

Termómetro Ambiente

Termómetro de Bulbo  
Húmedo

**Figura No. 4.** Aparato para realizar la práctica de WBGT

*Para realizar medidas con este dispositivo se deben seguir los siguientes pasos:*

1. Verter agua destilada en el recipiente que se encuentra bajo el termómetro de bulbo húmedo. La parte más baja de la muselina (algodón) debe estar inmersa en el depósito de agua destilada. La longitud libre de la muselina al aire debe ser de 20 mm a 30 mm.
2. Colocar el dispositivo en el puesto de trabajo a evaluar, o lo más cerca posible.
3. Permitir que los termómetros se estabilicen a la temperatura del área de trabajo durante 20 o 30 minutos antes de realizar las medidas.
4. Tomar y consignar las lecturas de cada uno de los termómetros.

## 9. PASOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

A continuación se explicará de manera detallada los pasos que se tienen que realizar para llevar a cabo con éxito esta práctica:

1. Conocer las medidas de seguridad que esta práctica exige.
2. Antes de comenzar la explicación teórica, realizar la puesta a punto del dispositivo para medir el índice WBGT y de esta manera dar tiempo a los termómetros para que se estabilicen con el ambiente.
3. Seleccionar el área de trabajo a evaluar así como la actividad que realiza el trabajador.
4. Una vez terminada la explicación teórica, se realizará la lectura de las tres temperaturas suministradas por cada uno de los termómetros. (Globo, Seca y de Bulbo Húmedo).
5. Se estudiará la operación realizada dividiéndola en actividades de manera lógica y determinando el tiempo que se emplea en cada una de estas. Para facilidad del ejercicio, se recomienda escoger una tarea cíclica.

**Nota:** *Para fines prácticos de este ejercicio, en casos en que resulte muy difícil recopilar información de un puesto de trabajo, la operación será simulada por uno de los estudiantes guiado por su monitor tomando como base una operación ya establecida en esta guía.*

6. De cada actividad analizada se debe realizar una descripción detallada, para de esta manera poder calcular el gasto metabólico que se hace presente durante el desarrollo de cada una de estas.
7. Diligenciar el formato de recolección de datos.

## 10. GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA DE NIVELES DE TEMPERATURA

A manera de ejemplo, se utilizará la tabla que a continuación se presenta, la cual fue recopilada por estudiantes de la ECI, para la elaboración de un trabajo práctico de la asignatura Análisis de Operaciones Industriales (AOIN). Esta tabla resume las actividades y los tiempos que se encuentran presentes en el proceso de empaque de Pasaportes.

No.	ACTIVIDAD.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.	KCAL/MIN	TIEMPO (SEG)
1	Sacar los pasaportes de la Remesa.	El operario se para de su puesto de trabajo, busca la tula de envíos provenientes de la Embajada Americana (se desplaza 2 metros), luego las lleva a su puesto de trabajo y las descarga de pie bajo cámara.	3.6	8.36
2	Comprobación del envío recibido.	El operario sentado en su puesto de trabajo verifica que los datos de los pasaportes coincidan con la respectiva guía y compara con el listado enviado por el departamento de Sistema.	1.0	17.23
3	Llevar los pasaportes a la línea de ensamble.	Luego de verificar los datos, los pasaportes son transportados en grupos de 20 pasaportes por el operario desde su puesto de trabajo hasta donde inicia la Línea de Empaque (se desplaza 2 metros y transporta en un mismo viaje 8 grupos de 20 pasaportes).	2.4	3
4	Ordenar los pasaportes	Esta actividad consiste en ordenar los pasaportes en orden ascendente, de acuerdo al número de la guía que viene adherido al pasaporte, para de esta manera se pueda facilitar encontrar la respectiva guía.( Esta actividad la realiza sentado el operario).	1.0	3.99
5	Buscar la correspondiente guía.	Luego de tener ordenados los pasaportes, se procede a buscar la guía que le corresponde a cada pasaporte (el numero del sticker del pasaporte coincide con el número de la guía)	1.0	32.6
6	Empaque de los pasaportes.	Esta actividad es desarrollada por el operario en forma sentada. Consiste en introducir el pasaporte en la bolsa de seguridad, quitar el adhesivo y unir las caras de la bolsa a través del adhesivo.	1.9	6.7
7	Llevar los pasaportes empacados a la bóveda.	El operario transporta los pasaportes empacados en pequeños grupos de 20 de estos y los lleva a bóveda para que puedan ser distribuidos a los dueños de estos documentos. El operario para desarrollar esta actividad se desplaza 5 metros y en cada viaje lleva 5 grupos de 20 pasaportes empacados.	4.5	4.5

Temperatura de Globo = 37 °C.  
Temperatura Húmeda Natural = 25 °C.  
Temperatura ambiente = 28 °C.

***Con base en la información anteriormente presentada y los conocimientos adquiridos en clase y la monitoria, el grupo de estudiantes deberá realizar los siguientes puntos:***

1. Buscando una actividad similar en la Tabla No. 4, establecer el valor de la actividad metabólica.
2. Utilizando este valor y la temperatura ambiente, determinar el nivel de aislamiento requerido en CLO según la Figura No. 2. Buscar información complementaria referente a la unidad CLO.
3. Con ayuda de la Tabla No. 5 y/o 6, determinar una configuración de prendas necesarias para generar el aislamiento necesario.
4. Calcular el índice WBGT para el lugar de trabajo.
5. Para cada una de las actividades de la operación determinar el porcentaje de tiempo empleado con respecto al tiempo de ciclo de la operación.
6. Calcular el gasto metabólico de cada operación teniendo en cuenta la Tabla No. 1, 2 y/o 3 y agregar el gasto energético por la posición y movimiento del cuerpo.
7. Multiplicar cada uno de los gastos energéticos por actividad por el porcentaje de tiempo empleado para desarrollar dicha actividad.
8. Sumar los subtotales y agregar 1 Kcal por minuto, debida al metabolismo basal o lo que requiere el cuerpo para mantenerse en funcionamiento.
9. Utilizar el gráfico de la Figura No. 3, para determinar si se está dentro de los rangos establecidos.
10. Sugerir mejorar al proceso general.
11. Proponer tiempos de descanso si es necesario.
12. Determinar los principales efectos que producen las altas temperaturas.
13. Enumerar y explicar por lo menos 7 medidas correctivas que se podrían proponer en caso que se presenten condiciones térmicas desfavorables.
14. Desarrollar los pasos 1 a 9 utilizando los datos mostrados en la tabla de ejemplo de recolección de datos.

**NOTA:** *Durante el desarrollo del análisis se debe tener muy presentes las unidades manejadas en cada tabla o gráfica, para evitar errores.*

## 11. BIBLIOGRAFÍA

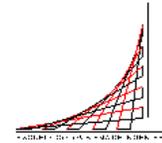
- MONDELO, Pedro. GREGORI TORADA, Enrique. BOMBARDO BARRAU, Enrique. Ergonomía 1. Fundamentos. Alfaomega – UPC. México. 2000.
- MONDELO, Pedro. GREGORI TORADA Enrique. URIZ COMAS, Santiago. VILELLA CASTEJÓN, Emilio. LACAMBRA BARTOLOMÉ, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001.
- CHINER DASI, Mercedes – DIEGO MAS, J. Antonio – MARZAL ALCAIDE, Jorge. Laboratorio de Ergonomía. Editorial Alfaomega – Universidad Politécnica de Valencia. México. 2004.
- MONDELO, Pedro. GREGORI TORADA, Enrique. GONZALES DE PEDRO, Oscar. FERNANDEZ GOMEZ, Miguel. Ergonomía 4. El Trabajo en Oficinas. Alfaomega – UPC. México. 2002.
- CORTÉS DIAZ, José Maria. Seguridad e Higiene del trabajo. Técnicas de Prevención de Riesgos de Trabajo. Tercera Edición. Alfaomega. México. 2002.
- NIEBEL, Benjamín W. Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos. Novena Edición. Alfaomega. México. 1996.

## **12. CONTENIDO DE LA PRÁCTICA. NIVELES DE TEMPERATURA.**

1. Introducción.
2. Objetivos. (Generales y Específicos).
3. Marco Teórico.
  - Estrés térmico.
  - Zona de confort térmico.
  - Aislamiento térmico.
  - Índice WBGT.
  - Otros índices de evaluación de temperatura
    - IVM (Índice de valoración medio de Fanger)
    - ISC (Índice de sobrecarga calórico).
    - Swreq (índice de sudoración requerida), entre otros.
  
  - Reglamentación Colombiana.
  - Factores que influyen en la exposición a temperatura.
4. Descripción del dispositivo para índice WBGT buscar y describir Otros aparatos para realizar esta medida.
5. Descripción del Procedimiento y cuidados para la toma de medidas.
6. Estudio de Campo.
  - Anexar la tabla de recolección de datos.
  - Análisis de datos (Ver guía para el análisis de datos)
7. Conclusiones de la práctica.
8. Recomendaciones.
9. Bibliografía.

### 13. FORMATOS

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA  
MONITORIA DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL  
MEDICIONES DE TEMPERATURA



Integrantes: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Monitor: \_\_\_\_\_

Oparación \_\_\_\_\_

Actividad	Descripción	Duración (Seg)	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Temperatura de globo:	_____
Temperatura húmeda natural:	_____
Temperatura ambiente:	_____