

# Implementación de un traje termo regulable para control de confort térmico a fin de mejorar el rendimiento en el trabajo

RECIBIDO: 07/04/2017 ACEPTADO: 01/06/2017

ING. EDISON MELÉNDRES MEDINA<sup>1</sup>ING. PAUL RICAURTE ORTIZ<sup>2</sup>ING. LUIS ARBOLEDA ÁLVAREZ<sup>3</sup>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación explica la incidencia del confort térmico en el bienestar, salud y rendimiento de los trabajadores de la tenencia política de San Juan, considerando que las actuales condiciones ambientales son de exceso de frío, los trabajadores utilizan uniformes que no les permite mantener una temperatura adecuada, acentuando los malestares físicos y psicológicos propios de las bajas temperaturas que hace que el trabajador se mantenga en un estrés térmico permanente, esto afecta no solo al individuo sino al desempeño en las tareas asignadas; bajo este panorama se diseñó e implementó el uso de un traje termo regulable que permite mantener condiciones óptimas de temperatura adaptables a cada individuo utilizando dispositivos electrónicos, obteniéndose así resultados positivos de los usuarios que permite comprender que se ha cumplido con los objetivos propios de seguridad industrial, salud ocupacional y prevención de riesgos aportando de manera auténtica al desarrollo de las actividades laborales, teniendo como premisa al ser humano, su bienestar y desarrollo.

**Palabras clave:** Confort térmico, estrés térmico, estrés por frío, termorregulación, rendimiento laboral.

## IMPLEMENTATION OF A THERMOSTATIC SUIT FOR THERMAL COMFORT CONTROL IN ORDER TO IMPROVE PERFORMANCE ON THE JOB

## ABSTRACT

The present research explains the impact of thermal comfort on the welfare, health and performance of workers in San Juan political tenure, considering that the current environmental conditions are too cold, workers wear uniforms that do not allow them to maintain A suitable temperature, accentuating the physical and psychological discomforts characteristic of the low temperatures that makes the worker stay in a permanent thermal stress, this affects not only the individual but the performance in the tasks assigned; Under this scenario was designed and implemented the use of a thermo-adjustable suit that allows to maintain optimum conditions of temperature adaptable to each individual using electronic devices, thus obtaining positive results from the users that allows us to understand that the security objectives have been met Industrial, occupational health and risk prevention, contributing authentically to the development of work activities, based on the human being's well-being and development.

**Keywords:** Thermal comfort, thermal stress, cold stress, thermoregulation, work performance.

## INTRODUCCIÓN

Considerando que el nuevo enfoque de la seguridad industrial, la salud ocupacional y la prevención de riesgos representan un cambio abismal y la ruptura de paradigmas que permiten el desarrollo de políticas y programas integrales a favor de estas áreas y que deben articular al trabajador con la empresa y el Estado como protector de derechos como menciona Aldunate (2006). Se estudia el confort térmico como una variable que incide en el rendimiento de las labores de los trabajadores de la Tenencia Política de la parroquia de San Juan en la provincia de Chimborazo. Henao (2010). Los errores, incomodidad por sudar o temblor, aumento o disminución de la frecuencia cardiaca, etc, repercute negativamente en la salud, e incluso, en situaciones límite, puede provocar la muerte. Mondelo (2001).

El estudio realizado permitió determinar que las actuales condiciones ambientales del lugar provocan en los trabajadores un estrés por frío permanente que se incrementa con las disposiciones en cuanto al uniforme que deben portar durante su jornada laboral, ante este problema, se diseñó e implementa un traje termo regulable electrónico que se adapta a las condiciones de cada individuo y le permite mantener el confort térmico, disminuyendo notablemente los malestares y riesgos detectados. Igor (1985).

El trabajo de investigación utilizó herramientas como el método Fanger y test prediseñados que permitan comprender las variables del confort térmico y el rendimiento laboral en dos momentos, Fanger, P. y Fanger, O. (1972), el primero que analiza las condiciones ambientales con sus niveles de satisfacción térmica relacionándolos con el rendimiento laboral, lo que permite establecer la línea base para el diseño del traje; el segundo momento durante la implementación del traje que ha permitido determinar una incidencia positiva en el mejoramiento del desempeño laboral al disminuir notablemente las condiciones de discomfort térmico.

La manera más usual de evaluar el confort es mediante los llamados "índices de confort". De acuerdo a la manera como están desarrollados y a los factores y parámetros que toman en

1 Ing. Edison Meléndres Medina. MsG. Docente de la Universidad Nacional de Chimborazo. E-mail: [emmelendres@unach.edu.ec](mailto:emmelendres@unach.edu.ec)

2 Ing. Paúl Ricaurte Ortiz. MsG. Docente de la Universidad Nacional de Chimborazo. E-mail: [pricaurte@unach.edu.ec](mailto:pricaurte@unach.edu.ec)

3 Ing. Luis Arboleda Álvarez. Dr. Docente de la Universidad Nacional de Chimborazo. E-mail: [larboleda@unach.edu.ec](mailto:larboleda@unach.edu.ec)

cuenta, los índices de confort se pueden clasificar en: cuantitativos, cualitativos e híbridos (Fernández 2003).

La presente investigación plantea las siguientes hipótesis:

### Hipótesis principal

La utilización de un traje termo regulable satisface las necesidades del usuario de acuerdo a la temperatura ambiental mejorando el rendimiento laboral.

### Hipótesis secundarias

La temperatura corporal en estado de confort térmico, incide en el rendimiento del trabajo.

La implementación de un traje termo regulable a través de un control electrónico de temperatura corporal determina su utilización para el trabajo.

## METODOLOGÍA

### Diagnóstico del Confort térmico debido al aislamiento de la ropa actual de trabajo

El personal al que se aplicó el traje, trabaja en condiciones climáticas muy frías, y se probaron 2 tipos de vestimenta los mismos que son de uso obligatorio puesto que son su uniforme de trabajo, Nasir (1995), el uno es para el personal de oficina civil y el otro para los policías. El Clo que es Capacidad de entrega calorífica a través de la prenda del uniforme del personal civil se presenta a continuación, véase Tabla 1, y Tabla 2

### Medición del Clo de los uniformes:

#### a. Uniforme del personal de oficina civil

Tabla 1. Medición del Clo del uniforme del personal civil.

Hombre		Mujer	
Prenda	Medición en clo	Prenda	Medición en clo
Camisa	0.09	Blusa	0.09
Pantalón	0.2	Pantalón	0.2
Chaqueta		Chaqueta	
Zapatos	0.04	Zapatos	0.04
Ropa interior	0,18	Ropa interior	0,18
Medias		Medias	
<b>TOTAL</b>	<b>0,66</b>	<b>TOTAL</b>	<b>0,66</b>

Fuente: Acuerdo ministerial N° 67. República del Ecuador, 1987.

Tabla 2. Medición del Clo del uniforme del personal policial.

Prenda	Medición en clo
Gorra	0.03
Camisa	0.09
Pantalón	0.2
Zapatos	0.04
Ropa interior	0.18
Chaleco	0.12
<b>TOTAL</b>	<b>0.66</b>

Fuente: Acuerdo ministerial N° 67. República del Ecuador, 1987.

### Evaluación de las condiciones ambientales

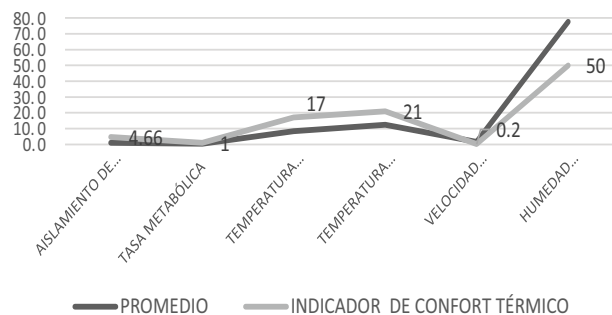
Si se considera que la jornada laboral es de 8 horas, el 100% de personal se encuentra todo el tiempo expuesto a las condiciones climatológicas de su lugar de trabajo lo que incide en la salud ocupacional motivo de estudio. Ver Tabla 3 y Figura 1.

### Condiciones ambientales de confort térmico:

Tabla 3. Condiciones ambientales de confort térmico.

Condiciones	Promedio	Indicador de confort térmico
Aislamiento de la ropa	1,1	4,66
Tasa metabólica	0,4	1
Temperatura del aire (°c)	8.43	17
Temperatura radiante media (°c)	12.43	21
Velocidad relativa del aire (m/s)	1.66	0.2
Humedad relativa (%)	77.57	50

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Condiciones ambientales de confort térmico.

## Interpretación

Las condiciones ambientales de confort térmico promediadas entre los encuestados presentan los siguientes valores: Aislamiento de la Ropa 1.1; Tasa Metabólica 0.4; Temperatura del Aire (°C) 8.43; Temperatura, Radiante Media (°C) 12.43; Velocidad Relativa Del Aire (M/S) 1.66; Humedad Relativa (%) 77.57.

## Análisis

El presente trabajo se lo realizó en la población de San Juan en el año 2016 con una muestra de 7 trabajadores, si bien es cierto las condiciones climatológicas son más difíciles de controlar, se considera necesario mejorar el Aislamiento de la ropa para las

condiciones ambientales en las cuales se desenvuelven los trabajadores, de manera que, a través de las prendas usadas se disminuya el desconfort. Cabe mencionar también que ante las dificultades técnicas para la medición de las temperatura media radiante, se ha tomado como dato la temperatura ambiental media.

## AISLAMIENTO DE LA ROPA PMV (Voto Medio Estimado)

### Promedio de PMV

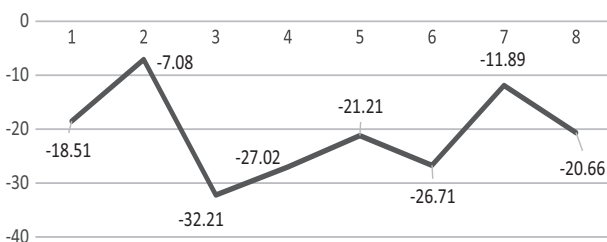
Los parámetros de PMV del método Fanger establecen un máximo de más o menos 0.5, por tanto los trabajadores estudiados presentan altos niveles de estrés térmico por frío. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Promedio de PMV.

# De encuesta	1	2	3	4	5	6	7	Promedio
PMV	-18.51	-7.08	-32.21	-27.02	-21.21	-26.71	-11.89	-20.66

Fuente: Elaboración propia.

En el Figura 2 se muestra la variación promedio de los valores de PMV.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Promedio PMV.

## Interpretación

La población en estudio presenta un promedio de PMV del -20,66.

## BALANCE TÉRMICO

El Balance térmico según el método Fanger están medido de acuerdo a los siguientes parámetros promediados: Calor generado 22.80; Pérdida de calor por difusión a través de la piel -14.40; Pérdida de calor por sudor (comodidad) 0, Pérdida de

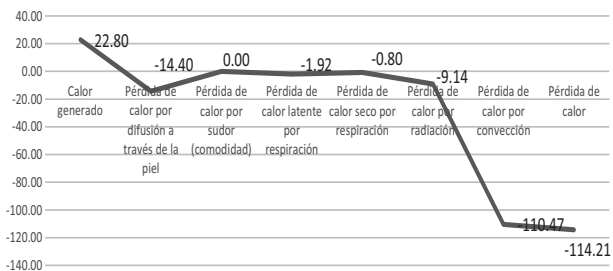
calor latente por respiración -1.92; Pérdida de calor seco por respiración -0,80; Pérdida de calor por radiación -9,14; Pérdida de calor por convección -110.47; Pérdida de calor - 114.21. Ver Tabla N° 5

Tabla 5. Balance térmico.

Balance térmico	Promedio
Calor generado	22.80
Pérdida de calor por difusión a través de la piel	-14.40
Pérdida de calor por sudor (comodidad)	0.00
Pérdida de calor latente por respiración	-1.92
Pérdida de calor seco por respiración	-0.80
Pérdida de calor por radiación	-9.14
Pérdida de calor por convección	-110.47
Pérdida de calor	<b>-114.21</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Balance térmico del método Fanger los mayores parámetros son: Pérdida de calor por convección, Pérdida de calor, es decir que el uniforme utilizado no permite contrarrestar las condiciones climáticas de baja temperatura en las cuales se desarrollan las actividades laborales. Ver Figura 3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Balance térmico.

**Diagnóstico del Confort térmico con el traje implementado**

Dado que la población es la misma, se tomará en cuenta las preguntas más importantes para determinar el confort térmico logrado con la implementación del traje, a continuación los resultados en la Tabla 6:

**DATOS INDUCIDOS**

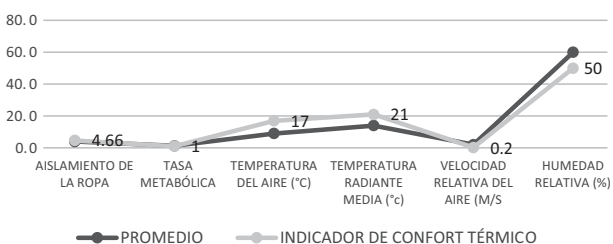
Condiciones ambientales de confort térmico:

Tabla 6. Condiciones ambientales de confort térmico con el traje implementado

Condiciones	Promedio	Indicador de confort térmico
Aislamiento de la ropa	4.0	4.66
Tasa metabólica	1.3	1
Temperatura del aire (°c)	9.00	17
Temperatura radiante media (°c)	14.00	21
Velocidad relativa del aire (m/s)	2.00	0,2
Humedad relativa (%)	60.00	50

Fuente: Elaboración propia.

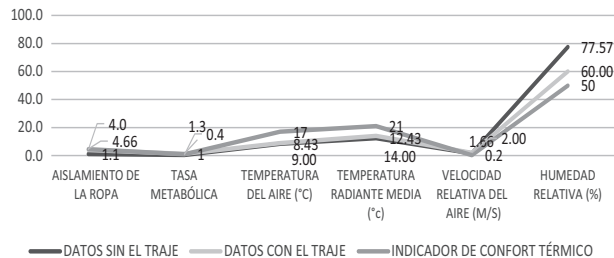
A continuación en el Figura 4 se muestra la variación según las condiciones ambientales:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Condiciones ambientales de confort térmico con el traje implementado.

Las condiciones ambientales de confort térmico con la utilización del traje diseñado en promedio de los encuestados son las siguientes: Aislamiento de la Ropa 4; Tasa Metabólica 1.3; Temperatura del Aire (°C) 9; Temperatura, Radiante Media (°C) 14, Velocidad Relativa Del Aire (M/S) 2; Humedad Relativa (%) 60. Ver Figura 5.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Comparativo de condiciones ambientales de confort térmico con el traje implementado y sin él.

**Análisis**

Las condiciones climatológicas no han cambiado, pero se ha mejorado el Aislamiento de la Ropa a un promedio de 4 muy cerca de su indicador de confort que es 4.66; con lo cual se ha contrarrestado el disconfort térmico en las condiciones climáticas de temperatura baja mencionadas.

**AISLAMIENTO DE LA ROPA. PMV**

De acuerdo a los datos del Método Fanger el 100% de la población tiene un PMV adecuado.

Los 7 trabajadores estudiados han utilizado el traje y con esta implementación la aplicación del método Fanger tienen un voto medio estimado satisfactorio. Véase tabla 7.

Tabla 7. PMV con el traje termo regulable implementado

PMV	Frecuencia	Porcentaje
Adecuada	7	100
Inadecuada	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

**PROMEDIO DE PMV**

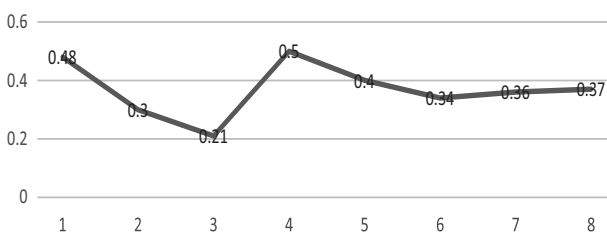
Los parámetros de PMV del método Fanger establecen un máximo de + o - 0.5; cómo podemos

ver en la tabla Tabla 8, la implementación del traje permite tener un promedio de PMV dentro de los parámetros que permiten al trabajador permanecer en confort térmico durante su jornada laboral, ver Figura 6 y 7.

Tabla 8. Promedio de PMV con el traje implementado.

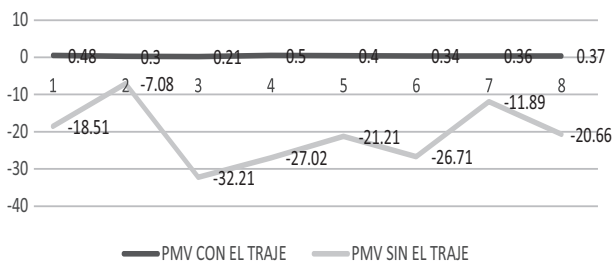
# De encuesta	1	2	3	4	5	6	7	Promedio
PMV	0.48	0.3	0.21	0.5	0.4	0.34	0.36	0.37

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Promedio PMV con el traje implementado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Contraste del promedio PMV con el traje implementado y sin él.

**Interpretación**

La población en estudio presenta un promedio de PMV del 0.37.

**BALANCE TÉRMICO**

**Interpretación**

El Balance térmico según el método Fanger están medido de acuerdo a los siguientes parámetros promediados: Calor generado 73.10; Pérdida de calor por difusión a través de la piel -13.48; Pérdida de calor por sudor (comodidad) -6.28, Pérdida de calor latente por respiración -6.30; Pérdida de ca-

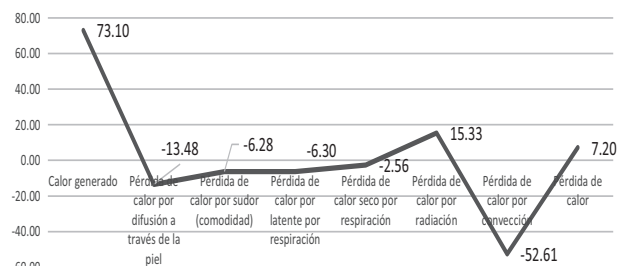
lor seco por respiración -2.56; Pérdida de calor por radiación 15.33; Pérdida de calor por convección -52.61; Pérdida de calor 7.20, ver Tabla 9.

Tabla 9. Balance térmico con el traje implementado.

Balance térmico	Promedio
Calor generado	73.10
Pérdida de calor por difusión a través de la piel	-13.48
Pérdida de calor por sudor (comodidad)	-6.28
Pérdida de calor latente por respiración	-6.30
Pérdida de calor seco por respiración	-2.56
Pérdida de calor por radiación	15.33
Pérdida de calor por convección	-52.61
Pérdida de calor	7.20

Fuente: Elaboración propia.

En el Figura 8 se indica la variación del balance térmico con el traje implementado en función de los valores establecidos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Balance Térmico con el traje implementado.

En el Figura 9 se observa el Balance térmico con el traje implementado, este ha logrado disminuir la pérdida de calor en más del 100%, la condición del traje de ser regulable por el trabajador permite que los niveles de confort térmico se adapten a las individualidades del trabajador.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Contraste del Balance Térmico con el traje implementado y sin él.

## CONCLUSIONES

Las personas que trabajan sufren estrés térmico en el 100% de los trabajadores, donde la temperatura ambiental media llega apenas al 8°C, condiciones que afectaban física y psicológicamente a los individuos y que incidieron directamente en su rendimiento laboral, siendo este malo en un 100%, de acuerdo al test diseñado y aplicado y de acuerdo a su percepción personal el rendimiento era Regular en 28.57%, Bueno en 57.14% y en un 14,29% excelente.

El 100% de empleados de esta dependencia manifestaron ante las condiciones laborales mencionadas que estarían dispuestos a utilizar el traje diseñado, de manera que, el traje fue utilizado por el 100% de empleados por un lapso de 4 días, durante este tiempo se hicieron las mediciones a través del método Fanger donde se pudo observar que el clo subió.

Las actividades propias de la Tenencia política de San Juan son múltiples, ser éstas prácticamente de oficina el metabolismo de los trabajadores es bajo por lo que el traje se ha podido adaptar a las necesidades del usuario a través de 3 niveles de calor que le puede proporcionar: alto, medio y bajo.

## RECOMENDACIONES

El traje se lo debe diseñar de acuerdo a las medidas antropométricas del usuario, pues utiliza placas térmicas de dimensiones considerables lo que permite una distribución uniforme y amplia de calor, el diseño del traje considera las zonas donde el cuerpo humano pierde mayormente calor y es ahí donde ha centrado sus puntos térmicos, por otra parte el traje le proporciona autonomía al usuario.

El traje funciona con una batería, que le permite emitir calor para que pueda realizar todas actividades encomendadas y requiere de recargar su batería, esto se realiza fuera de su jornada laboral.

Indicar al usuario que las condiciones de temperatura ambiental no son óptimas de manera que pueda accionarlo modificando el nivel de confort térmico que más se adapta a sus necesidades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Acuerdo ministerial N° 67. República del Ecuador, 1987, Codificación del Reglamento de uniformes para el personal de la Policía Nacional Título I Generalidades Capítulo I Principios Básicos.
- [2] Aldunate, E (2006). *Metodologías de Formulación y Evaluación de Proyectos*. ILPES - CEPAL.
- [3] Fanger, P. y Fanger, O. (1972). *Thermal Comfort*, New York: Mc Graw Hill.
- [4] Fernández, A. (2003). *Historia de los índices de confort Estudios de Arquitectura Bioclimática*. México: Limusa.
- [5] Henao, F. (2010). *Salud Ocupacional Conceptos Básicos*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- [6] Igor F. (1985). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo OIT*. New York: OIT.
- [7] Nasir, S. (1995), *Preparación y Evaluación de Proyectos*, Tercera edición.
- [8] Mondelo, G. (2001). *Ergonomía II, Confort y estrés térmico*. Barcelona. recuperado de: <https://goo.gl/MPXmd9>