

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO - ECUADOR

UNIVERSIDAD DE HUELVA-ESPAÑA

**ESTUDIO DE CONFORT TÉRMICO E ILUMINACIÓN PARA UNA
EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES CON ESTACIONES BASE
CELULAR GSM IMPLANTADAS EN LAS PROVINCIAS DE
ESMERALDAS, SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS,
PICHINCHA, NAPO Y SUCUMBÍOS**

Ing. Carlos Vladimir Vásquez Játiva

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título
de Máster Internacional en Seguridad, Salud y Ambiente

Quito

Marzo del 2008

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO-ECUADOR
UNIVERSIDAD DE HUELVA - ESPAÑA**

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**ESTUDIO DE CONFORT TÉRMICO E ILUMINACIÓN PARA UNA
EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES CON ESTACIONES BASE
CELULAR GSM IMPLANTADAS EN LAS PROVINCIAS DE
ESMERALDAS, SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS,
PICHINCHA, NAPO Y SUCUMBÍOS**

Carlos Vladimir Vásquez Játiva

Oswaldo Jara, MD, MSc
Director de Tesis

Carlos Ruiz Frutos, PhD
Miembro Comité de Tesis

José Garrido, Ing. MSc
Miembro Comité de Tesis

Luis Vásquez Zamora, MSc-ESP-DPLO-FPh.D
Director de la Maestría en Seguridad, Salud y Ambiente de la Universidad San Francisco de Quito y Jurado de Tesis

Gonzalo Mantilla, MD-MEd-FAAP
Decano de Colegio de Ciencias de la Salud

Benjamín Puertas, MD, MPH
Decano de la Escuela de Salud Pública

Victor Viteri, Ph.D
Decano del Colegio de Postgrados

Quito, marzo del año 2008

© **Derechos de autor:** Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5: “el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.” (Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

Derechos de autor

Ing. Carlos Vladimir Vásquez Játiva

2008

DEDICATORIA

A Papá, Mamá y hermanos por todo su magnánimo apoyo constante durante todo desarrollo de mis estudios, sin Ustedes no hubiese llegado tan lejos.

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas Energías C3smicas, Celestiales, Divinas y Universales que trabajan al exterior y al interior de Uno, en equilibrio perfecto. Doy gracias por las oportunidades, lecciones y ensefanzas brindadas dfa a dfa.

A mis padres Miguel Angel y Lucfa; a mis hermanos Luis Miguel y Miguel Angel por su sabidurfa compartida, su grandiosa presencia, comprensi3n, cari3n, 3nimo constante, mi principal soporte moral y afectivo durante todo mi proceso de aprendizaje y estudios de postgrado.

A Luis V3squez Zamora, por enriquecer nuestros conocimientos con sus aportes personales, cientficos y t3cnicos.

A mi Director de Tesis Oswaldo Jara, por su tiempo y valiosas contribuciones en la revisi3n del presente estudio

Al tribunal de tesis conformado por Jos3 Garrido y Carlos Ruiz-Frutos, gracias por sus acertados comentarios y objetivas observaciones.

A todos mis Maestros de postgrado por tantas e inestimables ensefanzas acad3micas y personales, impartidas en el aula virtual en clases presenciales y fuera de ellas.

A mis amigos y compa3eros que tuve el placer de conocer y poder hacer amistad durante este agradable proceso, gracias por sus ensefanzas que enriquecieron aun m3s el desarrollo del presente curso.

A Telef3nica-Movistar Ecuador, con especial afecto a la Gerencia de Desarrollo de Red y principalmente a todos quienes conforman su Proyecto Radiobases por su gran soporte logfstico y t3cnico. De igual manera quiero agradecer a la Gerencia de Seguridad Ffsica y al equipo de Integra Security. A todos ustedes muchas gracias por permitirme el desarrollar el presente estudio.

Y a todos los que de una u otra forma contribuyeron directa e indirectamente para la ejecuci3n del presente estudio. Una vez m3s muchas gracias por todo.

RESUMEN

Las condiciones termohigrométricas incidirá en la salud y seguridad de los trabajadores en estaciones base celular, sea a temperaturas altas o bajas. Las variables termohigrométricas, intensidad de la actividad, tipo de vestido y características individuales del trabajador, originan diferentes grados de aceptabilidad del ambiente térmico. Pudiendo originar reducción del rendimiento físico y mental, disminución de la productividad, e incremento de las distracciones, debido a las molestias ocasionadas, pudiendo ser la causa de accidentes laborales. El objetivo de la iluminación no es únicamente dotar de luz, sino el evitar la fatiga visual, reconocer fallos y evitar enfermedades profesionales. Una adecuada disposición de luminarias incrementa la eficacia y reduce el número de errores, de esta manera el trabajo se optimiza y mantiene entorno agradable para el trabajador.

Objetivo: Establecer una línea base según su distribución geográfica y tipo de Estación Base Celular monitoreada, para conocer las condiciones de Ambiente Térmico e Iluminación. Objetivos Específicos: (1) Determinar el nivel térmico ambiental disponible en cada estación base celular establecida en los cálculos de confort térmico. (2) Identificar las estaciones base celular, que por su distribución geográfica presenten condiciones más severas de estrés térmico. (3) Determinar los niveles de iluminación disponible para trabajos de operación y mantenimiento.

Los instrumentos de medición para ambiente térmico fueron: los termómetros de bulbo, temperatura seca, temperatura húmeda-psicómetro y anemómetro. El análisis de datos se utilizó el software SPRINGER v.3.1, el cálculo de estrés térmico con WBGT (Wet Bulb Globe Thermometer) y método de evaluación de confort térmico con Fanger, basados en las normativas en seguridad y salud ecuatoriana y española. La evaluación de iluminación, se utilizó un luxómetro digital, el método empleado se basa en lo especificado en las normas de seguridad y salud ecuatoriana y española.

Resultados de ambiente térmico:

Estaciones implantadas en el litoral, hay riesgo por exceso de calor e incomodidad por calor, valor promedio de 59,6% de Porcentaje Previsto de Insatisfacción (PPI) y entre Ligeramente caliente y caliente según el Índice de Valoración Media (IVM). Estaciones en la sierra, en el día hay riesgo de estrés térmico e incomodidad por calor con un PPI de 17,8%, el IVM es Ligeramente caliente. Por otro lado el 40% de sitios evaluados por la noche hay riesgo de estrés térmico al frío, el PPI es de 9,03% y su IVM se ligeramente frío. Estaciones en la amazonía, en el día y de noche hay riesgo de estrés térmico e incomodidad al calor, su PPI es 39,89% y el IVM se registra como Ligeramente caliente y caliente.

Resultados de Iluminación:

Destacaron tres tipos de estación, estaciones GSM outdoor con lámparas fluorescentes, GSM indoor y GSM outdoor con lámparas de tungsteno. Los registros variaron entre valores de deslumbramiento, óptimos y bajos niveles de iluminación.

Conclusiones:

Evaluación térmica.

Litoral, existe riesgo por estrés térmico al calor y disconformidad debido al calor. Sierra, durante el día hay riesgo de estrés térmico por calor; en la noche presentan riesgos de estrés térmico por frío. Amazonía, existe riesgo por estrés térmico tanto en el día como en horas de la noche.

Evaluación lumínica.

Estaciones GSM outdoor, iluminación Fluorescente.- ofrece los mejores niveles de iluminación. Estaciones GSM *indoor*, iluminación Fluorescente.- niveles adecuados de iluminación. Estaciones GSM outdoor, iluminación de Tungsteno.- niveles de iluminación no son adecuados. Este tipo de luminaria está concebida para iluminación general.

Recomendaciones:

Evaluación térmica.

Estaciones base implantadas en la región costa y amazonía.

Protección a la intemperie, a través de carpas de color blanco desmontables. Informar sobre enfermedades provocadas por el calor y la deshidratación. Disponer de bebidas hidratantes para la recuperación de electrolitos perdidos por la sudoración.

Estaciones base implantadas en la región sierra.

Evitar la insolación con carpas tipo "pérgola", durante trabajos a la intemperie. Informar respecto sobre riesgos a la salud por exposición al frío. Cambio inmediato de prendas en caso de mojarse para evitar el descenso de temperatura corporal.

Evaluación lumínica.

Estaciones GSM outdoor iluminadas con lámparas Fluorescentes; limpieza y mantenimientos periódicos a las luminarias. Estaciones GSM indoor iluminadas con lámparas Fluorescentes; reubicación de las luminarias. Estaciones GSM outdoor iluminadas con lámparas de Tungsteno; proveer luminarias portátiles para proporcionar un adecuado nivel de iluminación. Evitar que la iluminación sea distinta al entorno.

ABSTRACT

The thermohygrometric conditions will impact on the health and safety of workers in cellular base stations, either high or low temperatures. The variables thermohygrometric, work intensity, type of clothing and individual characteristics, cause different degrees of acceptability of the thermal environment. May cause reduced mental and physical performance, decreased productivity, and increased distractions due to disturbances, which may be the cause of accidents. Lighting avoid eyestrain, acknowledge failures and prevent diseases. A adequate placement of lights increases the efficiency and reduces the number of errors, so the work is optimized and offers a pleasant environment for employees.

Objective: To establish a baseline by geographical distribution and type of cellular base station monitored, to know the conditions thermal environment and lighting. Specific objectives: (1) Determining the available ambient thermal level in each cell base station established in the calculations of thermal comfort. (2) Identify cellular base stations, by their geographical distribution presented more severe conditions of heat stress. (3) Determine the light levels available for operation and maintenance work.

Measuring instruments for thermal environment where: thermometers of bulb, dry bulb temperature, wet bulb temperature and anemometer-psychrometer. Data analysis software was used SPRINGER v.3.1, calculating thermal stress WBGT (Wet Bulb Globe Thermometer) and evaluation method of Fanger thermal comfort, based on health and safety regulations Ecuadorian and Spanish. The Lighting evaluation, was used a digital luxometer, the method is based on the specifications in the safety and health Ecuadorian and Spanish.

Results:

Thermal environment.

Implanted stations on the coast, is at risk due to excessive heat and uncomfortable heat, 59.6% of expected percentage of dissatisfaction (PPI) and between slightly warm and warm as the Media Rating Index (IVM). Stations Sierra region, on the day no risk of heat stress and discomfort by heat, the PPI is 17.8%, the IVM is slightly warm. 40% of evaluated sites in the evening there is a risk of heat stress by cold, the PPI is 9.03% and is slightly cold IVM. Stations in the Amazon, at the day and evening there are risk of heat stress and discomfort for heat, their PPI is 39.89% and the IVM is recorded as hot and very hot.

Light Evaluation.

Highlights three kinds of stations, GSM outdoor stations with fluorescent lamps, GSM outdoor & GSM indoor tungsten lamps. The Values varied between records of glare, optimal, and low levels of illumination.

Conclusions:

Thermal Environment.

Coast got risk of heat stress and heat discomfort. Sierra, during the day there is risk of heat stress, in the evening present risks of heat stress by cold. Amazon, there has risk of heat stress both in on the day and in the evening.

Light Evaluation.

GSM outdoor stations, fluorescent lighting. - Offers the best light levels. GSM indoor stations, fluorescent lighting. - appropriate levels of illumination. GSM outdoor stations, tungsten lighting. - Lighting levels are inadequate. This type of luminary is designed for general lighting.

Recommendations:

Thermal environment.

Stations established in the coastal region and Amazon. Keep protected from the elements and Provide Extra ventilation. Training on diseases caused by heat and dehydration. Have hydrating beverages for recovery of electrolytes lost in sweat.

Stations established in the Sierra region. Avoid sunlight with white tents during outdoor work. Train on about health risks from exposure to cold. Immediate change in the event of wet clothes to avoid the drop in body temperature.

Light Evaluation.

Stations GSM outdoor lighted with fluorescent lamps, cleaning and regular maintenance to the fixtures. GSM stations indoor lighted with fluorescent lamps; relocation of luminaires. Stations GSM outdoor lighted with tungsten; provide portable lights to provide adequate illumination level. Avoid lighting is different from the environment.

ÍNDICE

	Pág.
Hoja de firmas de aprobación	II
Derechos de autor	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	VI
Abstract	VII

CAPITULO I

	Pág.
1. Introducción	13
1.1 Descripción	13
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Justificación	15
1.4 Objetivos	15
1.4.1 Objetivo general	15
1.4.2 Objetivos específicos	16

CAPITULO II

	Pág.
2. Introducción a las telecomunicaciones móviles	17
2.1 Elementos que conforman una red de telecomunicaciones móviles	18
2.2 Situación geográfica y climatológica en el Ecuador	19
2.2.1 Factores que influyen en el clima del Ecuador	20
2.2.2 Pisos climáticos	21
2.2.2.1 Piso climático del Litoral	21
2.2.2.2. Piso climático Subtropical de las estribaciones de la Cordillera de los Andes (Occidental y Oriental)	22
2.2.2.3 Piso climático del valle Interandino	22
2.2.2.4 Piso climático alto Andino	22
2.2.2.5 Piso climático Amazónico	23
2.3 Confort Térmico	23
2.3.1 Termorregulación del Cuerpo Humano	23
2.3.2 Calor Metabólico	24
2.3.3 Sobrecarga y tensión térmica	25
2.3.4 Efectos del calor en la salud	26
2.3.5 Efectos del frío en la salud	28
2.3.6 Efectos nocivos en el ser humano	29
2.3.7 Balance térmico entre la persona y el medio	30
2.4 Requisitos legales	31
2.4.1 Norma ecuatoriana para ambiente térmico.	31
2.4.2 Norma española para ambiente térmico.	33
2.5 Confort lumínico	42
2.5.1 Campo visual	43
2.5.2 Magnitudes y unidades lumínicas	44
2.5.3. Iluminación adecuada en el lugar de trabajo	45

2.6 Requisitos legales	45
2.6.1 Norma ecuatoriana para iluminación.	45
2.6.2 Norma española para iluminación.	48

CAPITULO III

	Pág.
3. Población y muestra de estudio	61
3.1 Población objeto	61
3.2 Criterio de inclusión y exclusión	61
3.3 Tipo de estudio	61
3.4. Metodología de evaluación	63
3.3.1 Método WBGT	63
3.3.2 Método Fanger	63
3.5 Instrumentos de medición	63
3.5.1 Termómetro de globo	64
3.5.2. Termómetro de temperatura seca	64
3.5.3 Termómetro de temperatura húmeda y psicrómetro	64
3.5.4 Anemómetro	65
3.5.5 Luxómetro	65
3.6 Fases del estudio	65

CAPITULO IV

	Pág.
4.1 RESULTADOS.	66
4.1.1 Evaluación Térmica.	66
4.1.2 Evaluación Lumínica.	66
4.2 DISCUSIÓN.	66
4.2.1 Evaluación térmica.	66
4.2.2 Evaluación lumínica.	67
4.3 CONCLUSIONES.	70
4.3.1 Evaluación térmica.	70
4.3.2 Evaluación lumínica.	70
4.4 RECOMENDACIONES.	72
4.4.1 Recomendaciones de evaluación térmica.	72
4.4.2 Recomendaciones de evaluación lumínica.	74

BIBLIOGRAFÍA

Pág.
76

FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estación Base Celular y sus componentes de telegestión.	81
Figura 2. Arquitectura de un sistema de telefonía móvil.	81
Figura 3. Representación de los pisos climáticos del Ecuador.	82
Figura 4. Piso climático del Litoral. Cordillera costanera y llanura costanera.	82
Figura 5. Piso Climático Subtropical de las Estribaciones de la Cordillera de Los Andes (Occidental y Oriental). Piso Climático del Valle Interandino y Piso Climático Alto Andino.	83
Figura 6. Piso Climático Amazónico. Zona Subandina y Llanura Amazónica.	83
Figura 7. Temperaturas aproximadas del cuerpo humano expuesto a	84

condiciones de frío y condiciones de calor	
Figura 8. Ritmo circadiano de la temperatura rectal, según Ernest Pöppel.	84
Figura 9. Escala de la temperatura corporal.	85
Figura 10. Termómetro de Globo.	85
Figura 11. Termómetro de Temperatura Seca CEM. DT-812.	86
Figura 12. Termómetro de Temperatura húmeda y psicrómetro PCE-320.	87
Figura 13. Anemómetro PCE-424.	88
Figura 14. Flujo Luminoso.	89
Figura 15. Nivel de iluminación.	89
Figura 16. Brillo fotométrico.	89
Figura 17. Luxómetro PCE-172.	90
Figura 18. Estaciones GSM outdoor iluminadas con lámparas fluorescentes.	90
Figura 19. Estaciones GSM indoor.	91
Figura 20. Estaciones GSM iluminados con lámparas de tungsteno.	91

TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Condiciones de calor metabólico.	93
Tabla 2. Valores Umbrales Límites Permisibles para Exposición al Calor (Expresado en grados Celsius)	93
Tabla 3. Valores límite de referencia según Norma ISO 7243.	94
Tabla 4. Estimación del consumo metabólico, según las posturas y movimientos	94
Tabla 5. Campo visual.	95
Tabla 6. Variación de la capacidad de la adaptación de la pupila con la edad.	96
Tabla 7. Valores de flujo luminoso	96
Tabla 8. Valores de flujo luminoso.	97
Tabla 9. Brillo fotométrico de algunas fuentes y elementos.	97
Tabla 10. Límites de iluminación recomendados para varios tipos de tareas.	98
Tabla 11. Fases del estudio. Cronograma de ejecución y presupuesto.	99

ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Nota Técnica Preventiva 322.	101
ANEXO 2. Nota Técnica Preventiva 74.	110
ANEXO 3. Datos medición Ambiente Térmico DIURNO.	124
ANEXO 3. Datos medición Ambiente Térmico NOCTURNO.	125
ANEXO 4. Gráfico comparativo de evaluación DIURNA de método WBGT y Fanger.	126
ANEXO 4. Gráfico comparativo de evaluación NOCTURNA de método WBGT y Fanger.	127
ANEXO 5. IVM evaluado en la costa diurno y nocturno.	128
ANEXO 6. IVM evaluado en la sierra diurno y nocturno.	129
ANEXO 7. IVM evaluado en la amazonía diurno y nocturno.	130
ANEXO 8. Datos de evaluación de iluminación.	131

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 DESCRIPCIÓN:

La telefonía móvil representa uno de los mayores avances tecnológicos de los últimos años. La misma consiste en un sistema de transmisión de voz y datos en forma inalámbrica, independiente del lugar en que se encuentre el usuario, siempre y cuando se encuentre dentro del área de cobertura de una estación base celular, las mismas que se comunica con un terminal (también llamado teléfono celular). Las facilidades de comunicación y acceso a las tecnologías de la comunicación han producido una autentica transformación social. Su desarrollo está íntimamente ligado con los índices de desarrollo de una nación. A nivel nacional ha trascendido su importancia a tal forma que su contribución al desarrollo económico, ha reportado un crecimiento del 300% en los últimos cinco años (1).

Los elementos que conforman una red de telefonía móvil son: Estaciones Base Celular (EBC) y/o Radiobase (RBS), centrales de conmutación y los terminales. Para garantizar y mantener el servicio dentro de una determinada área de cobertura, las centrales de conmutación (rige a varias estaciones base celular, conectadas entre sí mediante enlaces microondas) deben conocer la ubicación del terminal para de esta forma ir asignando una Estación Base Celular, acorde su desplazamiento y/o ubicación.

De esta forma una Estación Base Celular conforma uno de los elementos de mayor importancia dentro de una red de telefonía móvil, las mismas que aumentaran su número en una localidad a medida que aumenta la cantidad de usuarios debido a que cada EBC tiene un límite para gestionar las llamadas entrantes y salientes en su área de cobertura; siendo este uno de los principales motivos por el cual se requiera hacer la implementación de un mayor número de

RBS en sitios con elevada densidad poblacional, y por ende mayor demanda de uso de la red de telefonía móvil.

Debido a la necesidad de mantener los estándares de calidad en una red de telefonía móvil es ineludible que se construyan varias Estaciones Base Celular las mismas que presentaran características similares en cuanto a los equipos que constituyen una EBC (antenas celulares, enlaces microondas y equipos de telegestión); pero a su vez se encontraran características variadas debido a su ubicación, facilidades, tecnología o función.

El tiempo de permanencia en una Radiobase para su operación y mantenimiento está ligada al grado de complejidad que la tarea lo exija; la misma que puede efectuarse en pocos minutos o pueda tomar varias horas según la severidad o complicación en las labores mencionadas. Por otro lado la permanencia en una misma EBC será ocasional, pero debido al número de EBC (distribuidas en distintas regiones) será susceptible que el trabajador visite varias estaciones en un mismo día o jornada

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

- ✓ Debido a las facilidades para la implantación de una RBS los trabajadores hallaran diferentes escenarios al momento de realizar sus tareas de operación y mantenimiento.
- ✓ La característica tecnológica de la telefonía móvil hace necesario el disponer de gran cantidad de Estaciones Base Celular para permitir el acceso de cobertura de sus usuarios, es por esta razón que se requiere de un mayor número de EBC a medida que aumenta el número de abonados en un determinado sector.
- ✓ El presente estudio permitirá conocer las Radiobases con características más críticas para trabajos de operación y mantenimiento según las variables de confort térmico e iluminación.

- ✓ Al momento no se ha realizado una investigación similar en el país; en ninguna de las empresas operadoras de telefonía móvil, pese a la cantidad de Estaciones Base Celular que siguen implantándose y que continuará la expansión de la red hasta alcanzar casi la totalidad del territorio nacional (según la planificación y diseño de red que cada operadora estime).

1.3 JUSTIFICACIÓN:

- El presente estudio permitirá levantar una línea base sobre las variables de confort térmico e iluminación que se presentan en Estaciones Base Celular (EBC) de tecnología GSM.
- Según la tecnología de una Radiobase se presentarán diferentes características y facilidades para las tareas de operación y mantenimiento asignadas a los trabajadores.
- Se dispone de un considerable número de EBC distribuidas en diferentes pisos climáticos (los mismos presentan múltiples características de temperatura y humedad ambiental).
- En base a los datos de campo obtenidos se plantearán las sugerencias respectivas en caso de requerir ciertas mejoras a fin de prevenir enfermedades ocupacionales o riesgos durante las actividades desarrolladas en las RBS.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

- ◆ Establecer una línea base para cada Estación Base Celular, para conocer las condiciones de Ambiente Térmico e Iluminación, según su distribución geográfica (costa, sierra o amazonía).

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✦ Determinar el nivel Térmico Ambiental disponible en cada estación base celular establecida en los cálculos de confort térmico.
- ✦ Identificar las estaciones base celular, que por su distribución geográfica presenten condiciones más severas de estrés térmico.
- ✦ Determinar los niveles de iluminación disponible para trabajos de operación y mantenimiento.

2. INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES.

Debido a la magnitud de Estaciones Base Celular desplegadas en las provincias distintas provincias de la región litoral, región interandina y región amazónica, se hace necesario conocer las condiciones en las cuales se desarrollan las tareas de operación y mantenimiento; con especial atención a las variables de Confort Térmico e Iluminación que se presentarán según las características del sitio de implantación de una Radiobase.

Así mismo es importante tomar en cuenta la ausencia de estaciones climáticas en el Ecuador (presentándose únicamente dos periodos, uno seco y otro lluvioso en las diferentes épocas del año) **(2)**, la variabilidad geográfica, meteorológica y altitudinal que representa condiciones distintas para los trabajadores que realizan labores de operación y mantenimiento de una red GSM (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, GSM por sus siglas en ingles) para una empresa de telecomunicaciones, la misma que dispone de Estaciones Base Celular distribuida a nivel nacional. En tal sentido se considero realizar el presente estudio para un número estadísticamente proporcional y que permita conocer desde el punto de vista preventivo cuales son los sitios o las infraestructuras que presentan las condiciones más extremas para laborar, según su ubicación e infraestructura.

La telefonía móvil se ha convertido en una herramienta indispensable dentro de las Tecnologías de la Información y Comunicación. Parte fundamental del desarrollo de los sistemas de telecomunicaciones móviles involucra la implantación de Estaciones Base Celular (EBC) y la configuración de celdas que permitan transmitir información en voz y/o datos a través del espectro eléctrico **(3)**.

El servicio de telefonía móvil hace el uso de bandas de UHF (en Ecuador comprenden las bandas de 800, 1800 y 1900 MHz) **(4)**. Dicho sistema es de tipo

bidireccional, con una cobertura limitada y capacidad de acceso simultáneo a varios usuarios con un número limitado de estos **(5)**.

2.1 ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA RED DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES.

El sistema de telecomunicaciones móviles requiere de elementos fundamentales para su utilización de los cuales se detallan a continuación:

- a. Diseño de la Red.- esto compone la estructura medular para la proyección previa a la instalación de la infraestructura de telecomunicaciones móviles. Posteriormente se realiza el despliegue de la red compuesta de estaciones base, la misma que ha sido determinada y calculada para cubrir las distintas zonas de interés para la provisión de servicio de telefonía móvil.
- b. Estaciones base.- este elemento cuenta de antenas receptoras y emisoras de señales de radio, equipos de telegestión los mismos que cumplen un papel primordial al momento de establecer una comunicación (Figura 1), bancos de baterías para garantizar el servicio en caso de pérdida de fluido eléctrico **(6)**. La selección de un emplazamiento se lo hace en base a estudios detallados para determinar los sitios con mejores características para la cobertura o para el manejo de tráfico. El número de Radiobases es proporcional al número de usuarios simultáneos dentro de un área de cobertura **(6)**.
- c. Centrales de conmutación.- es el centro técnico y administrativo del sistema de telecomunicaciones móviles (Figura 2). En dicho centro se realiza el almacenamiento de datos de todos los usuarios del sistema **(4)**. Para la identificación de cada usuario se le asigna un código único. Dicho código está disponible a través de su IMEI (Identificación Internacional para Equipos Móviles, IMEI por sus siglas en inglés), asignado a cada terminal. Este código permite la identificación del equipo en cualquier parte del

mundo y el mismo es transmitido por el equipo al momento de realizar una conexión a la red de telefonía móvil, independientemente de la operadora la misma que dispone de información tal como el modelo de terminal, la persona quien se comunica y el lugar desde el cual se realiza la llamada **(7)**. Otra característica adicional de las centrales de conmutación es permitir la comunicación entre terminales móviles de una misma operadora u otra operadora, terminales móviles y la red fija de telefonía y comunicaciones entre la red fija de telefonía y terminales móviles.

- d. Terminales o equipos celulares.- son los equipos que se conectan con la red de telefonía móvil. Estos equipos consisten de dispositivos electrónicos y con la particularidad de ser inalámbrico, permitiendo una comunicación bidireccional (esto es entre del terminal a la estación base y viceversa). El desarrollo de la tecnología GSM permite a los operadores brinden servicios tales como internet móvil, multimedia, transmisión de datos, seguimiento satelital de vehículos y mercadería de interés **(4)**.

2.2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA DEL ECUADOR.

Las características climáticas y geográficas del Ecuador se deben en gran parte por su localización con respecto a la línea ecuatorial o paralelo 0°, la influencia de corrientes oceánicas como la fría de Humboldt por el sur y la del Niño por el Norte; así mismo se tiene la presencia de la cordillera de los Andes y la influencia de la cuenca amazónica como importante aporte de humedad. Debido a esto el país cuenta con dos estaciones claramente diferenciadas: lluviosa y seca **(2)**; las mismas que según la ubicación geográfica y época del año tendrán mayor o menor magnitud. Tales condiciones crean gran variabilidad de pisos climáticos, los mismos que según su altitud e influencia atmosférica van a presentar múltiples particularidades ambientales.

Por todo lo anotado anteriormente es de interés al presente estudio, ya que en pocas horas y dentro de una misma provincia un trabajador que realiza trabajos de operación y mantenimiento en estaciones base celular GSM puede enfrentar condiciones de frío glacial en las cumbres andinas y calor sofocante del bosque húmedo tropical.

2.2.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CLIMA DEL ECUADOR.

Para el presente estudio se detalla los factores que tienen influencia directa en los climas de los diferentes pisos climáticos en el Ecuador. Aparte de los ya mencionados (tales como: la cordillera de los Andes, las corrientes oceánicas y brisas continentales) repercuten en los factores climatológicos y son:

- ◆ **Ubicación geográfica respecto a la latitud.-** este factor incide en la variabilidad climática, debido a que una mayor o menor incidencia de los rayos solares, para el caso del País que recibe mayor radiación solar (en promedio 12 horas de luz solar por día en comparación con otros países de mayor latitud **(18)**).
- ◆ **Altitud.-** debido al gradiente térmico vertical de la atmósfera, la temperatura y la humedad varían con la altura, descendiendo a un promedio de - 6.5°C/Km de ascenso en la atmósfera **(2)**.
- ◆ **Continentalidad.-** este factor se refiere a la separación de un sitio con respecto a una cuenca oceánica, actuando como un condicionante para la presencia de vientos húmedos marinos y por consiguiente una mayor cantidad de precipitaciones respecto a un sitio con características continentales **(2)**.
- ◆ **Cobertura vegetal y tipo de suelo.-** este factor tiene crucial importancia debido a la presencia y/o ausencia de vegetación, la misma que determina que el calor sea retenido por más tiempo (incluso en horas de ausencia de radiación solar); y por otro lado el tipo de suelo determinará una mayor o

menor reflexión de los rayos solares (siendo la arena por sus características, el material que mayor cantidad de radiación solar refleja y la tierra negra o de paramó la que más calor retiene) **(19)**.

2.2.2 PISOS CLIMÁTICOS.

Por las variadas características climáticas que el Ecuador presenta, se considero importante para el presente estudio tener en cuenta ciertas particularidades que se presenta en cada región.

La topografía irregular que presenta el país se debe principalmente a la cordillera de los Andes, la misma que presenta dos cordilleras con vertientes externas abruptas de más de 4000 metros de desnivel, dividiendo al territorio continental en cinco pisos climáticos: piso climático del Litoral, piso climático de las estribaciones de la cordillera de los Andes (occidental y oriental), piso climático del valle interandino, piso climático alto andino y piso climático amazónico (Figura 3).

2.2.2.1 PISO CLIMÁTICO DEL LITORAL.

El clima del litoral se caracteriza por ser cálido todo el año, presentando temperaturas que oscilan de 25 a 31°C. Por otro lado a esta región también se la puede subdividir en dos regiones debido a la influencia de sus formaciones montañosas, las mismas que las ha denominado: cordillera costanera y llanura costanera **(2)**.

- ◆ Cordillera costanera.- Esta región registra valores de precipitaciones superiores a los 3000mm/año. Presenta también una humedad relativa de 85 a 90% **(2)**.
- ◆ Llanura costanera.- Región caracterizada por precipitaciones cercanas a los 1000mm/año y registrando humedades relativas entre 80 y 90% **(2)**.

El rango altitudinal en esta región varía entre los 0 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y los 800 a 1000m.s.n.m **(9)** (Figura 4).

2.2.2.2 PISO CLIMÁTICO SUBTROPICAL DE LAS ESTRIBACIONES DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES (OCCIDENTAL Y ORIENTAL).

Las particulares de este piso climático son: mantener a lo largo del año un clima de hasta 24°C; las precipitaciones se registran entre los 1000 a 3000mm/año (la humedad en esta región esta influencia principalmente por la cuenca del océano Pacífico y la llanura amazónica (respectivamente localizadas en las estribaciones occidentales y orientales de la cordillera de los Andes). De igual forma es característico las neblinas y lloviznas constantes, en especial en horas de la tarde. El rango altitudinal está comprendido entre los 800 a 2000 metros sobre el nivel del mar **(9)** (Figura 5).

2.2.2.3 PISO CLIMÁTICO DEL VALLE INTERANDINO.

Este piso climático presenta la particularidad de ser temperado a lo largo del año, las temperaturas oscilan entre los 18 y 20°C. Esta región registra precipitaciones por debajo de los 500mm/año debido a las características topográficas de esta zona crea las condiciones ideales para que ocurra el fenómeno de "Foehn", el mismo que comprende de aire seco debido a que ha depositado su humedad en la tierras altas de la cordillera de los Andes. La humedad relativa está comprendida entre el 50 y 80% **(11)**. Este piso climático está localizado en el rango altitudinal de los 1800 a 3000 m.s.n.m. **(9)** (Figura 5).

2.2.2.4 PISO CLIMÁTICO ALTO ANDINO.

Este piso climático también conocido como región interandina presenta un clima típicamente frío las temperaturas promedio de este sitio bordean los 9 a 11°C, pudiendo también llegar a los extremos de 0°C hasta 24°C, dependiendo de la época del año y hora del día. Las precipitaciones que recibe esta región están comprendidas entre 600 y 1800mm/año; siendo mayor en la parte oriental que recibe la influencia de la cuenca amazónica. La humedad relativa comprende el rango de 60 a 85%. Este piso se encuentra entre los 2800 a 3000 metros sobre el nivel del mar **(9)** (Figura 5).

2.2.2.5 PISO CLIMÁTICO AMAZÓNICO.

El clima de la Amazonía ecuatoriana se la ha dividido en dos subregiones comprendidas por: zona subandina y la llanura amazónica **(2)** (Figura 6).

- ◆ Zona subandina.- Comprendida entre el rango altitudinal de 500 a 2500 m.s.n.m. **(2)**.
- ◆ Llanura amazónica.- Región comprendida por valles de características aluviales con una altitud menor a los 300 m.s.n.m. **(2)**.

La temperatura promedio anual registrada rebasa los 26°C, con máximos de 28°C en día y 18° en la noche. La pluviosidad bordea los 3000 a 6000 mm/año y la humedad relativa alcanza valores de 90 a 100% **(9)**.

2.3 CONFORT TÉRMICO.

2.3.1 TERMORREGULACIÓN DEL CUERPO HUMANO.

La producción de energía al interior del cuerpo humano se debe a la metabolización de los alimentos en combinación con el oxígeno de la respiración y a su vez causado por procesos de quimiosíntesis que desdoblan los nutrientes en sustancias básicas para la absorción del organismo, todo este complejo proceso de transformación es responsable en transformar a los alimentos en energía calórica al interior del cuerpo. Es por ello que desde el inicio del proceso de digestión 50% de la energía se transforma en calor; mientras que el restante 50% pasa a formar parte del Adenosin Trifosfato (ATP); que posteriormente se convierte en calor al constituirse parte de los sistemas metabólicos de las células, las mismas que solo aprovechan una parte de la energía restante **(12)**.

Un individuo al estar expuesto por un periodo prolongado al frío hará que la continua producción de calor metabólico (interno) no esté garantizado, por lo cual la pérdida de calor intenso resultará peligroso cuando la exposición sea a fríos

extremos (Figura 7) **(21)**. De igual manera la exposición a temperaturas elevadas resulta peligrosa, debido a que es más factible el protegerse del frío que del calor **(12)**.

La temperatura interna del cuerpo varía según la actividad que se desarrolle; la hora del día, fluctuando acorde el ritmo circadiano (Figura 8) **(22)**, lo que mantendrá entre $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$; incluso si hubiese exposiciones a extremos de 12°C y/o 60°C **(12)**.

La temperatura media superficial del individuo puede variar en un intervalo más prolongado la misma que puede aumentar o disminuir según las condiciones ambientales y la actividad metabólica, por tanto esta temperatura tendrá importancia al hacer mención a la capacidad de la piel para ceder calor al ambiente **(12)**.

El mantenimiento de la temperatura corporal depende del calor producido por la actividad metabólica y el perdido por los mecanismos corporales, así como de las condiciones ambientales. El cuerpo humano tiene una temperatura interna de 37°C , mientras que la temperatura cutánea es de 33.5°C **(26)**.

2.3.2 CALOR METABÓLICO.

En condiciones basales, la producción total de calor en una mujer llega a ser 41 W/m^2 y en el hombre 44 W/m^2 (Tabla 1) **(27)**, dichos valores pueden llegar a incrementarse hasta alcanzar los 1500 W **(12)**. La ingesta de alimentos, el aumento del metabolismo basal (por la acción de las hormonas tiroideas, adrenalina, en menor parte noradrenalina y la estimulación simpática) son importantes factores termogénicos **(26)**.

La temperatura corporal se obtiene del balance entre el calor producido y el eliminado. Un ejercicio duro, puede elevar la temperatura rectal a 40°C . En un cuerpo en reposo con intercambio de calor cero, el calor metabólico podría

augmentar la temperatura corporal unos 2°C/hora y si el sujeto estuviera andando sería dos o tres veces más rápido **(26)**.

Las diferentes vías que interactúan entre el hombre y el medio para ganar o perder calor son las siguientes:

- ✦ **Radiación.-** calor ganado a consecuencia de la radiación solar y es independiente de la temperatura del aire. Este fenómeno se presenta también entre los objetos que emiten radiación infrarroja.
- ✦ **Convección.-** temperaturas ambientales superiores a los 33.5°C, el cuerpo gana calor por convección esto es, las moléculas del aire transportan el calor hacia la piel. También intervienen las vías respiratorias para que ocurra este fenómeno.
- ✦ **Conducción.-** transferencia de calor al cuerpo por contacto directo con una superficie a determinada temperatura.
- ✦ **Evaporación del sudor.-** mecanismo de defensa frente a ambientes extremos que exigen al organismo perder calor (desde el individuo al ambiente, no a la inversa). Influye en gran medida para la evaporación la velocidad del aire y la humedad relativa (a mayor humedad, menor evaporación y por ende menor pérdida de calor).

2.3.3 SOBRECARGA Y TENSIÓN TÉRMICA.

Se puede decir que un trabajador se encuentra bajo condiciones de confort, cuando su temperatura interna se mantiene dentro de los límites fisiológicos, sin tener que realizar adaptación alguna al ambiente térmico hostil. Por otro lado al existir condiciones extremas de frío o calor, no habrá equilibrio térmico en el organismo del individuo. Temperaturas extremas bajas provocarán que la temperatura interna descienda hasta el extremo de causar deceso del individuo; mientras que una sobreexposición a temperaturas externas altas, provocará que la temperatura interna se eleve hasta alcanzar lograr el colapso fisiológico y la muerte del individuo **(12)**.

En determinadas ocasiones los mecanismos fisiológicos de termorregulación no han conseguido el equilibrio (balance térmico entre cuerpo y el entorno), desarrollarán una considerable tensión al cuerpo del individuo, la misma que tratará de alcanzar el mencionado equilibrio, causando incomodidad, fatiga, reducción de la capacidad física y mental. Al ser insuficientes los mecanismos fisiológicos para restablecer el equilibrio térmico, la salud del trabajador se comprometerá al aumentar o disminuir la temperatura interna fuera de los parámetros establecidos (Figura 9) **(12)**.

2.3.4 EFECTOS DEL CALOR A LA SALUD.

El intercambio de calor entre el hombre y su entorno está influido por:

- ◆ temperatura del aire
- ◆ la velocidad del aire
- ◆ humedad del aire
- ◆ la temperatura radiante

Cuando la temperatura exterior (entorno) supera a la registrada por el individuo, se produce en el organismo la dilatación de los vasos sanguíneos de la piel y de los tejidos subcutáneos, desviando de esta manera parte gasto cardíaco hacia esas regiones superficiales. Así mismo aumentan el volumen de sangre bombeada debido a la contracción del bazo y a la dilución de la sangre circulante con líquidos extraídos de otros tejidos; incrementando de esta manera el rendimiento cardíaco. Todos estos ajustes circulatorios favorecen el transporte de calor del centro del organismo hacia la superficie. En forma simultánea, se activan las glándulas sudoríparas, derramando líquido sobre la piel para eliminar calor por evaporación **(23)**.

Los múltiples efectos que se pueden presentar debido a la exposición prolongada a calor excesivo, se destacan aumentos de la irritabilidad, lasitud, disminución de la moral, aumento de la ansiedad e incapacidad para concentrarse. Dando como

resultado una disminución en la eficiencia productiva de trabajador. A causa de dicha exposición al calor se producen los siguientes trastornos:

- ◆ Erupción por calor
- ◆ Calambres
- ◆ Agotamiento
- ◆ Síncope de calor (siendo este último el más grave para la salud).

Erupción por calor.- Causada por exposición ininterrumpida a calor y aire húmedo, ocurre en zonas tropicales y/o cálidas húmedas. Aparte de ser incomodo para el individuo que la padece, disminuye la capacidad de tolerancia y adaptación al calor **(24)**.

Calambres.- Se presentan cuando existen exposiciones prolongadas al calor, la hace sudoración profusa y la restitución de sales es inadecuada. Los signos y síntomas de los calambres por calor consisten en espasmo y dolor en los músculos del abdomen y extremidades **(24)**.

Agotamiento por calor.- Resulta del esfuerzo físico que se lleva a cabo en ambientes con calor. Los signos y síntomas del agotamiento por calor se caracterizan por: palidez, lasitud, vahídos, síncope, sudoración profusa, con piel fría y húmeda. Puede o no presentarse hipertermia moderada, detectable al medir la temperatura rectal **(24)**.

Síncope de calor.- cuando una persona llega este estado es extremadamente peligroso, un factor importante es el esfuerzo físico excesivo. Los signos y síntomas pueden incluir vahídos, náuseas, cefalea intensa, piel seca y caliente a causa de la falta de sudoración y temperatura corporal muy alta (sobre los 41,4°C), confusión, colapso, delirio y coma. A menudo la circulación también se compromete hasta llegar al choque. Si no se inician de inmediato medidas para enfriar el cuerpo de la víctima, pueden producirse lesiones irreversibles en los órganos vitales que ocasionan la muerte **(24)**.

Valores Máximos Permitidos de trabajo expuestos a calor.

Se recomienda que un trabajador este expuesto a las temperaturas indicadas, siempre y cuando disponga de vigilancia médica y que en base a exámenes se haya establecido que es más resistente al promedio del trabajador para estar sometido a condiciones de calor extremo. No debe permitirse que los trabajadores continúen su rutina de trabajo habitual cuando la temperatura corporal profunda excede los 38°C (Tabla 2) **(24)**.

2.3.5 EFECTOS DEL FRÍO EN LA SALUD.

El organismo emplea varios mecanismos para reducir las pérdidas de calor cuando hay exposiciones a ambientes fríos. Entre los mecanismos de respuesta al frío tenemos los siguientes **(25)**:

- ♦ **Vasoconstricción periférica.-** actúa con especial énfasis en extremidades, generando un descenso brusco de la temperatura cutánea. Para de esta manera contrarrestar la pérdida de calor corporal hacia el ambiente. El objetivo primordial de este mecanismo de conservación de calor es el enfriamiento de las extremidades, de modo que si la actividad se restringe, los dedos y coyunturas pueden bordear las temperaturas de congelación. Antes de que esto ocurra, en manos y dedos se incrementa la insensibilidad cuando la temperatura desciende por debajo de 15°C, y aumenta la probabilidad de disfunciones y accidentes **(24)**.

- ♦ **Aumento del tono muscular y estremecimientos.-** este importante mecanismo trata de elevar la temperatura del cuerpo, al aumentar la producción de calor metabólico en una cantidad muchas veces superior a la del estado de reposo. Los estremecimientos, ayudan a aumentar la actividad física y de esta forma aumentando el calor metabólico. Con vestimenta aislante apropiada para minimizar las pérdidas de calor microclima satisfactorio en el que sólo están expuestas al frío limitadas superficies del cuerpo (cara, dedos de las manos y pies) propensas al enfriamiento excesivo o a necrosis por frío. Sin embargo, en caso de que

las ropas se humedezcan, ya sea por contacto con el agua o debido a la sudoración durante el trabajo físico intenso, sus propiedades de aislamiento del frío se verán muy disminuidas **(24)**.

2.3.6 EFECTOS NOCIVOS AL SER HUMANO.

Necrosis por frío.- se presenta al ocurrir congelación en tejidos lo que provocara degeneración en la estructura celular. Este fenómeno se presenta al alcanzar temperaturas de congelación de la piel (-1°C); que a su vez se ven empeoradas debido al aire en movimiento creciente, la pérdida de calor es mayor y la lesión por frío ocurrirá más rápidamente. Una vez que se produce la congelación, avanza rápidamente **(25)**. La primera señal de lesión por frío es a menudo una sensación aguda de punzada, sin embargo, el frío mismo causa adormecimiento y anestesia de los tejidos, lo que puede permitir que se produzca congelación grave sin signos de malestar agudo que sirvan de alarma. La necrosis por frío puede producir desde una lesión superficial con enrojecimiento de la piel, anestesia transitoria y flictenas superficiales, hasta congelación de tejidos profundos con isquemia persistente, trombosis, cianosis profunda y gangrena **(24)**.

Pie de trincheras o pie de inmersión.- Se produce por exposiciones extendidas y continuas a frío sin alcanzar el punto de congelación; en presencia de humedad persistente o inmersión en el agua. Esta afección causa daños en las paredes capilares de los tejidos debido a anoxia local tisular permanente y a frío moderado o intenso. Hay edema, hormigueo, picazón y dolor intenso, seguidos de vesiculación, necrosis superficial de la piel y ulceración **(24)**.

La hipotermia.- Al estar un individuo expuesto a condiciones extremas de frío y se fatiga durante la actividad física es más propenso a perder calor y el mecanismo de vasoconstricción se deprime a medida que se acerca el agotamiento; se produce entonces vasodilatación brusca con la resultante pérdida rápida de calor y el enfriamiento crítico subsecuente. Los sedantes y el alcohol aumentan el peligro de hipotermia **(24)**.

Valores Máximos Permitidos de trabajo expuestos a frío.

Se han elaborado índices de estrés por frío para estimar la importancia de los ambientes fríos en el bienestar y la eficiencia del hombre. Los índices que relacionan los efectos aislantes del vestuario con las pérdidas de calor por difusión debidas al movimiento de aire frío son probablemente los más útiles en predecir el impacto de la exposición a ambientes exteriores fríos **(25)**.

2.3.7 BALANCE TÉRMICO ENTRE LA PERSONA Y EL MEDIO.

El balance térmico es el equilibrio entre el individuo y su entorno; dicho saldo de acumulación (positiva o negativa) de calor en el hombre debe ser cero para que exista un equilibrio **(13)**, para una mejor comprensión se puede expresar así:

Acumulación de calor = Producción calor - Pérdidas calor

Producción de calor:

- ◆ (M) Determinado por el metabolismo basal y la tarea que lleve a cabo (Producción interna de calor).
- ◆ (R) Radiación emitida por los cuerpos que rodea el entorno.
- ◆ (C) Absorber calor por convección debido al aire que rodea su entorno.
- ◆ (Res) La inspiración influye al respirar aire con mayor temperatura que la temperatura corporal.
- ◆ (K) La conducción ocurre cuando hay contacto directo con los cuerpos sólidos.

Pérdidas de calor:

- ◆ (R) Debido a la radiación del cuerpo que el individuo emite al medio.
- ◆ (C) Entrega de calor por convección al medio debido a diferencias de temperatura entre el individuo y el aire que le rodea (al no haber corrientes de aire se tiene una convección natural; si se tiene aire en movimiento se dice que es una convección forzada).
- ◆ (Res) Durante el proceso de espiración del aire de la respiración.

- ♦ (W) Se desprende calor al realizar una actividad física o trabajo externo positivo.
- ♦ (E) Desprendimiento de calor para evaporar el sudor.
- ♦ (K) Conducción del cuerpo del individuo a los cuerpos que entran en contacto este.

Para situaciones reales los procesos de trabajo externo respiración y conducción son consideradas despreciables (excepto ciertas circunstancias), debido a que sus valores registrados son bajos o nulos; es por ello que en la ecuación de balance térmico se descarta a dichas variables **(12)**. La ecuación referida queda expresada de la siguiente manera:

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

Donde A es la acumulación de calor, resultando diversas situaciones según el resultado de A.

- a) $A = 0$; se tiene cierto equilibrio pero las condiciones para alcanzar el confort térmico son insuficientes cuando $E = 0$
- b) $A = 0$; existe equilibrio por tanto se goza de un ambiente térmico permisible.
- c) $A > 0$; existe desequilibrio por condiciones críticas de calor
- d) $A < 0$; existe desequilibrio por condiciones críticas de frío

2.4 REQUISITOS LEGALES.

Para usos prácticos del presente estudio se han eliminado ciertos Artículos, numerales literales y/o párrafos que no sean aplicables para los efectos del presente.

2.4.1 NORMA ECUATORIANA PARA AMBIENTE TÉRMICO.

REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO.

Riesgos Laborales por Factores Físicos, Químicos y Biológicos.

Art. 53. CONDICIONES GENERALES AMBIENTALES: VENTILACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD.

1. En los locales de trabajo y sus anexos se procurará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores.

2. En los locales de trabajo cerrados el suministro de aire fresco y limpio por hora y trabajador será por lo menos de 30 metros cúbicos, salvo que se efectúe una renovación total del aire no inferior a 6 veces por hora.

3. La circulación de aire en locales cerrados se procurará acondicionar de modo que los trabajadores no estén expuestos a corrientes molestas y que la velocidad no sea superior a 15 metros por minuto a temperatura normal, ni de 45 metros por minuto en ambientes calurosos.

5. (Reformado por el Art. 26 del Decreto 4217) Se fijan como límites normales de temperatura (°C) de bulbo seco y húmedo aquellas que en el gráfico de confort térmico indiquen una sensación confortable; se deberá condicionar los locales de trabajo dentro de tales límites, siempre que el proceso de fabricación y demás condiciones lo permitan.

7. En los trabajos que se realicen en locales cerrados con exceso de frío o calor se limitará la permanencia de los operarios estableciendo los turnos adecuados.

Art. 54. CALOR.

2. Cuando se superen dichos valores por el proceso tecnológico, o circunstancias ambientales, se recomienda uno de los métodos de protección según el caso:

c) Alejamiento de los puestos de trabajo cuando ello fuere posible.

d) Cabinas de aire acondicionado

e) (Reformado por el Art. 29 del Decreto 4217) Se regularán los períodos de actividad, de conformidad al (TGBH), índice de temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, cargas de trabajo (liviana, moderada, pesada), conforme al siguiente cuadro:

Carga de trabajo.

TIPO DE TRABAJO	LIVIANA Inferior a 200 Kcal/hora	MODERADA De 200 a 350 Kcal/hora	PESADA Igual o mayor 350Kcal/hora
Trabajo continuo 75% trabajo 25% descanso cada hora	TGBH = 30.0 TGBH = 30.6	TGBH = 26.7 TGBH = 28.0	TGBH = 25.0 TGBH = 25.9
50% trabajo, 50% descanso, cada hora	TGBH = 31,4	TGBH = 29.4	TGBH = 27.9
25% trabajo, 75% descanso, cada hora	TGBH = 32.2	TGBH = 31.1	TGBH = 30.0

2.4.2 NORMA ESPAÑOLA PARA AMBIENTE TÉRMICO.

Tomado de la *GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELATIVOS A LA UTILIZACIÓN DE LUGARES DE TRABAJO*. Se instaure mediante el **Real Decreto 486/1997** de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo, encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo la elaboración y el mantenimiento actualizado de una Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo.

Artículo 7. Condiciones ambientales.

1. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. A tal fin, dichas condiciones ambientales y, en particular, las condiciones termohigométricas de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo establecido en el **Anexo III**.

2. La exposición a los agentes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se registrará por lo dispuesto en su normativa específica.

ANEXO III

CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS LUGARES DE TRABAJO.

1. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
2. Asimismo, y en la medida de lo posible, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores. A tal efecto, deberán evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y, en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados.
3. En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes condiciones:
 - a. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27° C.

La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25°.

- b. La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.
- c. Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 1. Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 2. Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.

3. Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.

- d. Sin perjuicio de lo dispuesto en relación a la ventilación de determinados locales en el Real Decreto 1618/1980, de 4 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, la renovación mínima del aire de los locales de trabajo, será de 30 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 metros cúbicos, en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.

El sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas de aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

4. A efectos de la aplicación de lo establecido en el apartado anterior deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que puedan imponer, en cada caso, las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado. En cualquier caso, el aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.
5. En los lugares de trabajo al aire libre y en los locales de trabajo que, por la actividad desarrollada, no puedan quedar cerrados, deberán tomarse medidas para que los trabajadores puedan protegerse, en la medida de lo posible, de las inclemencias del tiempo.

Las condiciones ambientales de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberán responder al uso específico de estos locales y ajustarse, en todo caso, a lo dispuesto en el apartado 3.

1.

Las condiciones ambientales de los lugares de trabajo, en concreto la temperatura del aire, la radiación, la humedad y la velocidad del aire, junto con la "intensidad" o nivel de actividad del trabajo y la ropa que se lleve, pueden originar situaciones de riesgo para la salud de los trabajadores, que se conocen como estrés térmico, bien por calor o por frío.

...Se puede producir riesgo de estrés térmico por calor en ambientes con temperatura del aire alta (zonas de clima caluroso, verano)...

En trabajos en el exterior también pueden darse las condiciones que favorezcan el estrés térmico por calor o por frío.

Para la evaluación del riesgo de estrés térmico hay que tener en cuenta, además de las condiciones ambientales, la actividad realizada y la ropa que se lleve.

Con respecto al nivel de actividad del trabajo desarrollado y a la consiguiente producción interna de calor, puede entenderse por:

Trabajos sedentarios: aquéllos en los que el calor metabólico generado o consumo metabólico sea bajo, de acuerdo con el Anexo A de la norma **UNE-EN 28996:95 Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico**; como por ejemplo: escribir, trabajo en banco pequeño de herramientas, conducción de vehículos en condiciones normales, taladrar, trabajo con herramientas de baja potencia, trabajo con desplazamientos ocasionales con velocidad de hasta 3,5 km/h, etc.

Trabajos ligeros: aquéllos en los que el consumo metabólico sea moderado, de acuerdo con el Anexo A de la norma **UNE-EN 28996:95**; como por ejemplo: martillar, conducir camiones, tractores o equipos de construcción, enyesar, manejo manual de material moderadamente pesado, cavar, escardar, empujar o tirar de carretillas cargadas con pesos ligeros, forjar, caminar a una velocidad de 3,5 a 5,5 Km/h.

Trabajos medios y pesados: aquéllos en los que, según el Anexo A de la norma **UNE-EN 28996:95**, el consumo metabólico sea alto; como por ejemplo: transporte de material pesado, manejo de pala, serrar, empujar o tirar de carretillas con cargas muy pesadas, vaciar moldes de gravilla, caminar a una velocidad de 5,5 a 7 Km/h; y muy alto, como en el caso del trabajo con hacha, cavar intensamente, subir escaleras, rampas, caminar a velocidad superior a 7 Km/h.

Cuando la temperatura y/o humedad de los locales cerrados o de los espacios al aire libre excedan los valores dados en el apartado 3 del anexo III, o, sin ser las condiciones ambientales tan extremas, el trabajo sea de tipo medio o pesado o se den ambas circunstancias, se deberá evaluar el riesgo de estrés térmico por calor.

El método de evaluación recomendado es el que figura en la norma **UNE EN 27243:95 Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)**, válido cuando el trabajador vaya vestido con indumentaria veraniega ($I_{cl} = 0,6$ clo; clo: unidad de resistencia térmica de la vestimenta; $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) y el tiempo de exposición no sea muy corto. Si se lleva ropa de trabajo de más abrigo o que impida la evaporación del sudor, los valores de referencia del índice WBGT pueden corregirse según se establece a continuación:

ACTORES DE CORRECCIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA WBGT* ($^\circ\text{C}$)

Tipo de ropa	Aislamiento térmico (clo)(1)	Factor de corrección (°C)
Uniforme de trabajo de verano	0,6	0
Bata de algodón	1,0	- 2
Uniforme de trabajo de invierno	1,4	- 4
Protección antihumedad, permeable	1,2	- 6

(*) Tomados de TLVs→-VALORES LÍMITE para Sustancias Químicas y Agentes Físicos para 1997-1998 de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Si se desea realizar una evaluación más rigurosa, conocer los factores ambientales sobre los que actuar para controlar el riesgo, así como determinar el tiempo de exposición máximo permisible para limitar la sobrecarga fisiológica a un nivel tolerable, puede emplearse el método de la norma **UNE-EN 12515:97 Ambientes calurosos- Determinación analítica e interpretación del estrés térmico basados en el cálculo de la sudoración requerida.**

Cuando la temperatura de los lugares de trabajo sea inferior a 10 °C y especialmente en los trabajos que, por las características del proceso y las operaciones a desarrollar, deban realizarse en ambientes fríos, se recomienda evaluar el riesgo de estrés térmico por frío mediante el método descrito en la norma experimental **UNE-ENV ISO 11079:97 Evaluación de ambientes fríos. Determinación del aislamiento requerido para la vestimenta.**

Se recomienda que los métodos de medida y las características mínimas de los instrumentos para medir los parámetros físicos necesarios para la evaluación del riesgo de estrés térmico sean los indicados en la norma **UNE-EN 27726:95 Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos. En concreto:**

- Para el cálculo del índice WBGT se deben medir la temperatura de globo, la temperatura húmeda natural y la temperatura del aire.

Los equipos de medida deberán revisarse y calibrarse periódicamente. Asimismo, deberán guardarse los registros de dichas revisiones y calibraciones.

Los resultados de las mediciones deberán ir acompañados de la incertidumbre de los instrumentos de medida.

2.

En muchos lugares de trabajo, las condiciones ambientales, sin ser un peligro para la seguridad y salud de los trabajadores, pueden originar molestias o incomodidades que afecten a su bienestar, a la ejecución de las tareas y al rendimiento laboral.

Cuando se desee saber si las condiciones ambientales son confortables o, por el contrario, pueden producir molestias o incomodidad a los trabajadores, es conveniente utilizar un método de evaluación. Para los locales cerrados, se recomienda utilizar los índices de confort térmico PMV y PPD, según se recoge en la norma **UNE-EN ISO 7730:96 Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico.**

Se recomienda que los métodos de medida y las características mínimas de los instrumentos para medir los parámetros físicos necesarios para determinar si hay molestias e incomodidades, es decir, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la presión de vapor y la velocidad del aire, sean los indicados en la norma **UNE-EN 27726:95 Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.**

Los equipos de medida deberán revisarse y calibrarse periódicamente. Asimismo, deberán guardarse los registros de dichas revisiones y calibraciones.

Los resultados de las mediciones deberán ir acompañados de la incertidumbre de los instrumentos de medida.

3.

a. Los límites de temperatura para locales cerrados dados en este apartado se refieren a la temperatura del aire, es decir, a la temperatura de bulbo seco del aire que rodea a la persona.

En el período invernal la temperatura del aire de los locales cerrados, donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares, debería mantenerse entre 17 °C y 24 °C, dado que se lleva ropa de abrigo (La indumentaria en interiores en invierno suele ser de $I_{cl} = 1$ clo, mientras que en verano es normal que sea de $I_{cl} = 0,5$ clo). En verano, al usarse ropa ligera, la temperatura del aire debería estar comprendida entre 23 °C y 27 °C.

Se recomienda que los métodos de medida y las características mínimas de los instrumentos para medir la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del aire, sean los indicados en la norma **UNE-EN 27726:95 Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.**

Los equipos de medida deberán revisarse y calibrarse periódicamente. Asimismo, deberán guardarse los registros de dichas revisiones y calibraciones.

Los resultados de las mediciones deberán ir acompañados de la incertidumbre de los instrumentos de medida.

- Se puede entender como ambiente caluroso aquel cuya temperatura exceda del valor límite superior indicado en el apartado (a), es decir, 27 °C.
- En relación con el suministro de aire limpio para asegurar la renovación mínima del aire de los locales de trabajo, se entenderá por aire limpio el aire exterior.

Es recomendable que el aire exterior no contenga sustancias contaminantes en concentraciones superiores a las de la Tabla 1 de la norma **UNE 100-011-91 Climatización. La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales.**

Por tal motivo, se procurará que las tomas de aire exterior no estén localizadas en sitios de contaminación elevada, como por ejemplo cerca de chimeneas, rejillas de expulsión de aire viciado, emisiones industriales y de aparcamientos, vías de tráfico intenso, torres de refrigeración, etc. Para su ubicación, se deberían tener en cuenta, además, los vientos dominantes de la zona.

En cualquier caso, es conveniente someter el aire exterior a filtración u otro tipo de tratamiento que garantice una calidad adecuada del aire de ventilación. El aire de recirculación que, junto con el aire limpio preceptivo, constituye el aire de impulsión para la ventilación de los locales de trabajo no debe proceder del aire que se extrae de cocinas, servicios, fotocopiadoras y otros lugares donde haya una emisión importante de contaminantes. Es decir: el aire extraído de las localizaciones anteriores se deberá expulsar al exterior y no se recirculará.

En los locales de trabajo no industriales, la concentración del dióxido de carbono (CO_2), gas que se produce en la respiración de las personas que los ocupan, puede servir como indicador de la calidad del aire interior y para comprobar la eficacia del sistema de ventilación. Siempre que no exista una reducción de la concentración del dióxido de carbono por otro medio distinto de la ventilación, cuando la concentración de dióxido de carbono sea mayor de 1000 ppm se considera que la ventilación es inadecuada (Según la norma ASHRAE 62/1989 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers por sus siglas en inglés ASHRAE).

5. En los trabajos al aire libre, las medidas que se tomen para proteger a los trabajadores de las inclemencias del tiempo deberían incluir, además de las

destinadas a hacer frente al frío o al calor excesivos, viento, lluvia, nieve, granizo, etc., otras dirigidas a proteger a los trabajadores frente a las acciones perjudiciales de la radiación solar, especialmente la ultravioleta. Tales medidas pueden ser la habilitación de zonas cubiertas o de sombras, el uso de prendas de protección, que protejan todo el cuerpo incluida la cabeza de la radiación solar excesiva, gafas y cremas protectoras, etc., así como la información sobre el riesgo de desarrollar cánceres de piel tras la exposición a una excesiva radiación ultravioleta.

2.5 CONFORT LUMÍNICO.

El objetivo de proporcionar iluminación a un espacio de trabajo no es únicamente dotar de luz, sino el evitar la fatiga visual, reconocer fallos y evitar enfermedades profesionales. La iluminación por defecto suele generar en los individuos incomodidad visual, cefaleas, errores, accidentes, confusión y desorientación, etc. **(29)**.

Una adecuada disposición de luminarias incrementa la eficacia y reduce el número de errores, de esta manera el trabajo se optimiza y mantiene entorno agradable para el trabajador. Al tener condiciones adversas tales como: visión cercana a detalle e iluminación con valores bajos, al cabo de poco tiempo generará fatiga visual, mental que posteriormente causará la pérdida de interés por la actividad desarrollada **(29)**.

2.5.1 CAMPO VISUAL.

El campo visual que una persona dispone se divide en distintas zonas, las mismas que varían según la actividad y están determinadas en función del ángulo de apertura con relación a la línea de visión (Tabla 5.):

- ♦ **Zona de visibilidad muy precisa.**- corresponde al ángulo de apertura de 1°.
- ♦ **Zona de visibilidad media.**- pertenece a los 40° de apertura, en esta zona se hacen visibles los movimientos de objetos, contrastes fuertes y ocurre el desplazamiento visual entre objetos de manera sencilla.
- ♦ **Zona periférica.**- en esta zona se percibe objetos en movimiento y luminancias muy contrastadas, el ángulo de apertura se ubica entre los 40 a 70°.

La acomodación es la capacidad del órgano de la vista para enfocar los objetos situados a distancias variables, desde el “infinito” hasta el punto más próximo. El ojo trabaja más relajado observando objetos relativamente lejanos, los objetos más cercanos requieren mayor esfuerzo para su visualización. La velocidad de iluminación se acrecienta con el nivel de iluminación y el contraste con el objeto observado y su fondo **(29)**.

Debido a la edad la capacidad de acomodación tiende a disminuir (la variación del diámetro de la pupila se va disminuyendo desde edades tempranas) (Tabla 6), debido principalmente al desgaste de la elasticidad del cristalino. La adaptación al nivel de iluminación se realiza a través de dos mecanismos:

- 1) modificación del diámetro de la pupila.- gracias a este mecanismo permite variar la cantidad de luz que ingresa al ojo.
- 2) Alteración de conos y bastones.- mediante procesos químicos en la pigmentación.

A niveles de iluminación superiores es rápida, que por lo general se alcanza con el primer minuto; mientras tanto la adaptación a la obscuridad progresa prontamente durante los primeros treinta minutos hasta completar la hora, en la cual se tienen una adaptación completa **(29)(30)**.

- ✦ **Agudeza visual.-** capacidad de resolución del ojo, aptitud para percibir detalles menor tamaño en los objetos, apreciación de puntos cercanos, contornos y formas. Se incrementa con los niveles de iluminación y con el objeto **(30)**.
- ✦ **Velocidad de percepción.-** tiempo que tarda una imagen captada por el campo visual hasta que es percibida por el cerebro. Aumenta con la iluminación y el contraste **(30)**.

2.5.2 MAGNITUDES Y UNIDADES LUMÍNICAS.

En luminotecnia se definen a continuación los siguientes términos:

- 1.) **Flujo Luminoso.-** cantidad de luz emitida por una fuente de luz en todas las direcciones (Figura 14) (Tabla 7). La unidad de medida es el LUMEN (*Lm*) **(31)**.
- 2.) **Intensidad luminosa.-** Es el flujo luminoso por unidad de superficie (Figura 15) (Tabla 8). La unidad de medida son los LUXES (Lux) **(31)**.
- 3.) **Luminancia o brillo fotométrico.-** magnitud que mide el brillo de los objetos iluminados y como son observados estos por el ojo humano. Verdadera medida de sensación de iluminación de un objeto. Cantidad de intensidad luminosa por unidad de área (Figura 16) (Tabla 9). Por motivos prácticos de cálculo ya no se la emplea, en la actualidad es usado la intensidad luminosa. La unidad de medida son las Candelas sobre unidad de área (cd/m^2) **(29)**.

2.5.3 ILUMINACIÓN ADECUADA EN EL LUGAR DE TRABAJO.

La cantidad de luz necesaria para efectuar una tarea específica sin sentir fatiga visual, está en función de la dificultad visual de la tarea, de la velocidad y calidad

deseada en el desarrollo del trabajo, y de la agudeza visual del trabajador. El grado de dificultad visual se determina típicamente por:

- 1) Contraste entre el blanco y su fondo.
- 2) Resolución espacial del tamaño del blanco.

La agudeza visual, aún corregida, varía con la edad; los límites de iluminación recomendados para varios tipos de tareas (Tabla 10) **(30)**.

2.6 REQUISITOS LEGALES.

Para usos prácticos del presente estudio se han eliminado ciertos Artículos, numerales literales y/o párrafos que no sean aplicables para los efectos del presente.

2.6.1 NORMA ECUATORIANA PARA ILUMINACIÓN.

REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO.

Riesgos Laborales por Factores Físicos, Químicos y Biológicos.

Art. 56. Iluminación, niveles mínimos.

1. Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos. Los niveles mínimos de iluminación se calcularán en base a la siguiente tabla:

NIVELES DE ILUMINACIÓN MÍNIMA PARA TRABAJOS ESPECÍFICOS Y SIMILARES.

ILUMINACIÓN MÍNIMA	ACTIVIDADES
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.

100luxes

Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de

2. Los valores especificados se refieren a los respectivos planos de operación de las máquinas o herramientas, y habida cuenta de que los factores de deslumbramiento y uniformidad resulten aceptables.

3. Se realizará una limpieza periódica y la renovación, en caso necesario, de las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia
RECOMENDACIONES.

Art. 57. Iluminación artificial.

1. Norma General

En las zonas de trabajo que por su naturaleza carezcan de iluminación natural, sea ésta insuficiente, o se proyecten sombras que dificulten las operaciones, se empleará la iluminación artificial adecuada, que deberá ofrecer garantías de seguridad, no viciar la atmósfera del local ni presentar peligro de incendio o explosión.

Se deberán señalar y especificar las áreas que de conformidad con las disposiciones del presente reglamento y de otras normas que tengan relación con la energía eléctrica, puedan constituir peligro.

2. Iluminación localizada.

Cuando la índole del trabajo exija la iluminación intensa de un lugar determinado, se combinará la iluminación general con otro local, adaptada a la labor que se ejecute, de tal modo que evite deslumbramientos; en este caso, la iluminación general más débil será como mínimo de $1/3$ de la iluminación localizada, medidas ambas en lux.

3. Uniformidad de la iluminación general.

La relación entre los valores mínimos y máximos de iluminación general, medida en lux, no será inferior a 0,7 para asegurar la uniformidad de iluminación de los locales.

4. Para evitar deslumbramientos se adoptarán las siguientes medidas:

a) No se emplearán lámparas desnudas a menos de 5 metros del suelo, exceptuando aquellas que en el proceso de fabricación se les haya incorporado protección antideslumbrante.

b) Para alumbrado localizado, se utilizarán reflectores o pantallas difusoras que oculten completamente el punto de luz al ojo del trabajador.

c) En los puestos de trabajo que requieran iluminación como un foco dirigido, se evitará que el ángulo formado por el rayo luminoso con la horizontal del ojo del trabajador sea inferior a 30 grados. El valor ideal se fija en 45 grados.

d) Los reflejos e imágenes de las fuentes luminosas en las superficies brillantes se evitarán mediante el uso de pinturas mates, pantallas u otros medios adecuados.

Se prohíbe el empleo de fuentes de luz que produzcan oscilaciones en la emisión de flujo luminoso, con excepción de las luces de advertencia.

6. Iluminación fluorescente.

Cuando se emplee iluminación fluorescente, los focos luminosos serán como mínimo dobles, debiendo conectarse repartidos entre las fases y no se alimentarán con corriente que no tenga al menos cincuenta periodos por segundo.

2.6.2 NORMA ESPAÑOLA PARA ILUMINACIÓN.

Tomado de la *GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELATIVOS A LA UTILIZACIÓN DE LUGARES DE TRABAJO*. Se instauro mediante el **Real Decreto 486/1997** de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo, encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo la elaboración y el mantenimiento actualizado de una Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo.

Artículo 8. Iluminación.

La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, en particular, las disposiciones del anexo IV.

ANEXO IV

ILUMINACIÓN DE LOS LUGARES DE TRABAJO.

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:

- a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
 - b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
 3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:
 - 4.

ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO 	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1. Bajas exigencias visuales	100
1. Exigencias visuales moderadas	200
3. Exigencias visuales altas	500
4. Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- B. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- a. La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- b. Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- c. Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
- d. Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- e. No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de

trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.

5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.
1. Las condiciones inadecuadas de iluminación en los lugares de trabajo pueden tener consecuencias negativas para la seguridad y la salud de los trabajadores; la disminución de la eficacia visual puede aumentar el número de errores y accidentes así como la carga visual y la fatiga durante la ejecución de las tareas; también se pueden producir accidentes como consecuencia de una iluminación deficiente en las vías de circulación, escaleras y otros lugares de paso.

El acondicionamiento de la iluminación conlleva la necesidad de proporcionar un nivel de luz adecuado al tipo de actividad realizada, pero junto al nivel de iluminación es necesario considerar otros aspectos importantes, entre los que se encuentran el control del deslumbramiento, la uniformidad de la iluminación, el equilibrio de luminancias en el campo visual y la integración de la luz natural.

Ahora bien, las exigencias visuales de la tarea no constituyen el único factor a considerar en el acondicionamiento de la iluminación, también es necesario tener en cuenta la existencia de trabajadores con una capacidad visual menor de la normal y las consecuencias negativas para la seguridad de las personas que se pueden derivar de los errores debidos a una mala visibilidad. Esto puede requerir el aumento de los niveles de luz y la adecuación de otros aspectos de la iluminación, de acuerdo con los criterios que se exponen más adelante.

2. El empleo de la luz natural en los lugares de trabajo tiene varias ventajas; al ahorro energético que pueda suponer el aporte de luz solar, se une la calidad de la luz natural: capacidad de reproducción cromática, estabilidad del flujo luminoso, tonalidad de la luz, etc. Por otra parte, el aporte de luz

natural mediante la utilización de ventanas puede satisfacer la necesidad psicológica de contacto visual con el mundo exterior. Las referidas ventajas justifican el interés de aprovechar todo lo posible la iluminación natural en los lugares de trabajo.

El acondicionamiento de la iluminación natural lleva consigo la colocación correcta de los puestos de trabajo respecto a las ventanas o claraboyas, de manera que los trabajadores no sufran deslumbramiento y la luz solar no se proyecte directamente sobre la superficie de trabajo. Estas medidas se pueden complementar con la utilización de persianas, estores, cortinas y toldos, destinados a controlar tanto la radiación solar directa como el posible deslumbramiento.

Ahora bien, en la mayoría de los lugares de trabajo la luz solar no será suficiente para iluminar las zonas más alejadas de las ventanas ni para satisfacer las necesidades a cualquier hora del día, por lo que será necesario contar con un sistema de iluminación artificial complementario. Este sistema debería estar diseñado para proporcionar una iluminación general suficiente en las condiciones más desfavorables de luz natural.

En los lugares de trabajo donde sea necesario combinar la luz natural y la artificial se recomienda el empleo de lámparas con una "temperatura de color" comprendida entre 4.000 y 5.000 grados Kelvin. Esta tonalidad, compatible con la de la luz natural, se puede lograr fácilmente utilizando lámparas fluorescentes o de descarga. Sin embargo, las lámparas incandescentes estándar tienen una temperatura de color demasiado baja para esta finalidad.

En muchos casos, el nivel de la iluminación general puede ser suficiente para todas las tareas realizadas en un local de trabajo, pero en otras ocasiones las necesidades particulares de algún puesto o tarea visual puede hacer aconsejable el empleo de sistemas de iluminación localizada que complementen el nivel de la iluminación general.

Cuando se utilice iluminación localizada en algún puesto o zona de trabajo, es necesario proporcionar también una iluminación general, destinada a evitar desequilibrios de luminancia en el entorno visual. Esta iluminación general debería ser tanto mayor cuanto más grande sea el nivel de la iluminación localizada (véase más adelante el punto referido a la uniformidad de la iluminación).

3. Por "zona donde se ejecuten tareas" se debe entender cualquier zona donde el trabajador tenga que realizar un función visual en el transcurso de su actividad.

Por "vía de circulación" se debe entender cualquier lugar de trabajo destinado a la circulación de personas o vehículos, ya sea en interiores o en exteriores.

Por "área o local", ya sea de uso habitual u ocasional, se debe entender cualquier otra área del centro de trabajo, edificada o no, en la que los trabajadores deban permanecer o a la que puedan acceder en razón de su trabajo. Se consideran incluidos en esta definición los servicios higiénicos y locales de descanso, los locales de primeros auxilios y los comedores (Artículo 2, punto 1, del presente Real Decreto).

Con el fin de facilitar la interpretación de los niveles mínimos de iluminación establecidos en el presente Real Decreto se puede hacer la siguiente comparación con los niveles mínimos recomendados por las normas UNE 72 - 163 - 84 y UNE 72 - 112 - 85:

REAL DECRETO		NORMAS UNE	
EXIGENCIAS DE LA TAREA	NIVEL MÍNIMO REQUERIDO (LUX)	CATEGORÍA DE LA TAREA	NIVEL MÍNIMO RECOMENDADO (LUX)
Bajas	100	D (fácil)	200
Moderadas	200	E (normal)	500
Altas	500	F (difícil)	1.000
Muy altas	1.000	G (muy difícil)	2.000
		H (complicada)	5.000

EJEMPLOS DE TAREAS VISUALES SEGÚN UNE 72 - 112 - 85

- Categoría D** Manejo de máquinas herramienta pesadas, lavado de automóviles, etc.
- Categoría E** Trabajos comerciales, reparación de automóviles, planchado y corte en trabajos de confección, etc.
- Categoría F** Escritura y dibujo con tinta, ajuste en mecánica, selección industrial de alimentos, etc.
- Categoría G** Escritura y dibujo con lápiz, costura en actividades de confección, etc.
- Categoría H** Montaje sobre circuitos impresos, trabajos de relojería, igualación de colores, etc.

A título orientativo, en el Anexo A de esta Guía se incluye una tabla más detallada con los niveles mínimos de luz recomendados para diferentes actividades y tareas. En esta tabla se indica también el rendimiento en color de las lámparas, necesario para cada una de dichas actividades y tareas.

Dónde se deben obtener los niveles de iluminación

El sistema de iluminación debe ser diseñado de tal forma que los citados niveles de iluminación se obtengan en el mismo lugar donde se realiza la tarea. Así pues, dichos niveles deberían ser medidos a la altura del plano de trabajo y con su misma inclinación, dado que los niveles de iluminación horizontal, vertical o en cualquier otro plano pueden ser distintos.

En las áreas de uso general los niveles de iluminación han de obtenerse a una altura de 85 cm. del suelo, en tanto que en las vías de circulación dichos niveles se deben medir al nivel del suelo, con el fin de asegurar la visualización de posibles obstáculos o discontinuidades en el mismo.

Puestos de trabajo con pantallas de visualización

El nivel de iluminación para los puestos de trabajo con pantallas de visualización debería ser apropiado para todas las tareas realizadas en el puesto (por ejemplo, la lectura de la pantalla y de los impresos, la escritura sobre papel, el trabajo con el teclado, etc.), pero sin alcanzar niveles que pudieran reducir excesivamente el contraste en la pantalla.

4.

a. Uniformidad de la iluminación

La tarea debería ser iluminada de la forma más uniforme posible. Se recomienda que la relación entre los valores mínimos y máximos de los niveles de iluminación existentes en el área del puesto donde se realiza la tarea no sea inferior a 0,8.

Por otro lado, con el fin de evitar las molestias debidas a los cambios bruscos de luminancia, el nivel de iluminación en los alrededores debe estar en relación con el nivel existente en el área de trabajo. En áreas adyacentes, aunque tengan necesidades de iluminación distintas, no deben existir niveles de iluminación muy diferentes; se recomienda que dichos niveles no difieran en un factor mayor de cinco; por ejemplo, el acceso y los alrededores de una zona de trabajo cuyo nivel

de iluminación sea de 500 lux, debería tener una iluminación de, al menos, 100 lux.

b. Equilibrio de luminancias

La distribución de luminancias en el campo visual puede afectar a la visibilidad de la tarea e influir en la fatiga del trabajador.

La agudeza visual es máxima cuando la luminosidad de la tarea es similar a la existente en el campo visual del trabajador. Sin embargo, cuando la luminosidad de la tarea es muy diferente a la del entorno se puede producir una reducción de la eficiencia visual y la aparición de fatiga, como consecuencia de la repetida adaptación de los ojos.

Las relaciones de luminancia que deberían ser consideradas en el acondicionamiento de la iluminación son las siguientes:

- a. Entre la tarea y su entorno inmediato.- Se recomienda que la luminancia del entorno inmediato sea menor que la de la tarea pero no inferior a $1/3$.
- b. Entre la tarea y el entorno alejado.- En este caso se recomienda que la relación de luminancias no sea superior a 10 ni inferior a $1/10$.

El equilibrio de luminancias se puede lograr controlando la reflectancia de las superficies del entorno y los niveles de iluminación; es decir, eligiendo colores más o menos claros para las paredes y otras superficies del entorno y empleando una iluminación general adecuada, de manera que la luminosidad del entorno no sea muy diferente a la existente en el puesto de trabajo.

c. Control del deslumbramiento

El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminancia general existente en el

interior del local (deslumbramiento directo), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

Las situaciones de deslumbramiento en los lugares de trabajo pueden perturbar la visión y dar lugar a errores y accidentes.

El deslumbramiento puede adoptar dos formas: el deslumbramiento perturbador, cuyo principal efecto es reducir la visibilidad de la tarea, y el deslumbramiento molesto, el cual no reduce la visibilidad pero produce fatiga visual.

Para evitar el deslumbramiento perturbador, los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador. Esto se puede lograr orientando adecuadamente los puestos o bien apantallando las fuentes de luz brillantes.

Para evitar el deslumbramiento molesto es necesario controlar todas las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual. Esto conlleva la utilización de persianas o cortinas en las ventanas, así como el empleo de luminarias con difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las lámparas.

El apantallamiento debería efectuarse en todas aquellas lámparas que puedan ser vistas, desde cualquier zona de trabajo, bajo un ángulo menor de 45° respecto a la línea de visión horizontal.

El grado de deslumbramiento puede ser expresado mediante el método "Unified Glare Rating" (UGR) de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), en el cual se tiene en cuenta la contribución de cada una de las luminarias que forman parte de un determinado sistema de iluminación (Publicación CIE 117).

En el Anexo A de esta Guía se indica el nivel máximo del valor UGR de deslumbramiento admisible para cada tipo de tarea o actividad.

d. **Control de los reflejos**

En lo que concierne al control del deslumbramiento provocado por los reflejos, se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

- Emplear acabados de aspecto mate en las superficies de trabajo y del entorno.
- Situar las luminarias respecto al puesto de trabajo de manera que la luz llegue al trabajador lateralmente. En general, es recomendable que la iluminación le llegue al trabajador por ambos lados con el fin de evitar también las sombras molestas cuando se trabaja con ambas manos.

e. **Direccionalidad de la luz**

Para percibir la forma, el relieve y la textura de los objetos es importante que exista un equilibrio de luz difusa y direccional. Una iluminación demasiado difusa reduce los contrastes de luces y sombras, empeorando la percepción de los objetos en sus tres dimensiones, mientras que la iluminación excesivamente direccional produce sombras duras que dificultan la percepción.

- Algunos efectos de la luz dirigida también pueden facilitar la percepción de los detalles de una tarea; por ejemplo, una luz dirigida sobre una superficie bajo un ángulo adecuado puede poner de manifiesto su textura. Esto puede ser importante en algunas tareas de control visual de defectos.

Parpadeos y efectos estroboscópicos

El flujo de luz emitido por todas las lámparas alimentadas con corriente alterna presenta una fluctuación periódica; esta fluctuación es más acusada en las lámparas fluorescentes y de descarga que en las lámparas incandescentes, debido a la inercia térmica que presenta el filamento de estas últimas.

El flujo de luz de todas las lámparas alimentadas con corriente alterna de 50 Hz presenta una fluctuación de 100 Hz; esta fluctuación es demasiado rápida para ser detectada por el ojo y rara vez se perciben parpadeos por esta causa. No obstante, en las lámparas fluorescentes deterioradas se pueden producir parpadeos muy acusados, lo que exigiría su rápida sustitución.

También es preciso disponer de un sistema de iluminación que permita la evacuación del personal en caso de incendio u otra emergencia.

Estos tipos de iluminación deberían estar alimentados por una fuente de energía independiente de la que proporciona la iluminación normal. El sistema debería entrar en funcionamiento de forma automática e inmediatamente después de producirse el fallo en el sistema de iluminación habitual.

El nivel de iluminación y el tiempo durante el cual debe mantenerse operativo el mencionado sistema deben ser suficientes para permitir la adopción de todas las acciones necesarias para proteger la salud y seguridad de los trabajadores y de otras personas afectadas.

En el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (M.I.B.T. 025) y en la Norma Básica de la Edificación **NBE-CPI 96 (Artículo 21)**, se establecen los requerimientos de estos tipos de iluminación para diversos establecimientos.

IV. ANEXOS A LA GUÍA

ANEXO A: TABLAS DE ILUMINACIÓN

(Tomado del proyecto de norma europea prEN 12464)

A: ZONAS DE CIRCULACIÓN Y ÁREAS GENERALES INTERIORES				
LUGAR O ACTIVIDAD	Em^[1]	UGR^[2]	Ra^[3]	Observaciones^[4]
Salas de control				
Salas de calderas, interruptores, etc.	200	25	60	
Áreas de almacenamiento en estanterías				
Pasillos sin trabajadores	20	-	40	
Pasillos con trabajadores	200	22	60	
Puestos de control	200	22	60	

1. **Em.**-Nivel medio de iluminación mantenido sobre el área de trabajo, en lux.
2. **UGR.**-Índice unificado de deslumbramiento ("Unified Glare Rating") obtenido con arreglo al procedimiento dado por CIE en su publicación N° 117. (Para un determinado sistema de iluminación puede ser suministrado por la empresa instaladora).
3. **Ra.**-Índice de rendimiento en color de las fuentes de luz (suministrado por el fabricante). El valor máximo de Ra es de 100.

CAPITULO III

3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.1 POBLACIÓN OBJETO:

Para el presente estudio se monitorearon un número representativo de 27 Estaciones (distribuidas entre las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Napo y Sucumbíos).

3.2 CRITERIO DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN:

Para la determinación de la población objeto de estudio (27 EBC), se agrupo inicialmente por provincias de interés; debido a las variaciones de temperatura que se presentan según su ubicación geográfica (costa, sierra y amazónia).

Al existir tal variación de climas y por ende de condiciones de temperatura se agrupo de esta manera; para posteriormente calcular la media y varianza del número estadísticamente de Estaciones representativo para realizar un “Muestreo Estratificado Proporcional o Muestreo por Conglomerados” por las características de distribución regional de las Estaciones Base Celular.

El muestreo por conglomerados se utiliza al existir poblaciones ubicadas en diferentes estratos o rangos. Se dice que los individuos (en este caso estaciones) están localizados juntos en grupos (parches) **(20)**.

3.3 TIPO DE ESTUDIO:

El presente estudio es de tipo Descriptivo y va evaluar las siguientes variables:

- ♦ **CONFORT TÉRMICO.**- esta variable considero los parámetros de Temperatura Seca, Temperatura Húmeda, Temperatura de Globo (Temperatura Radiante Media), Velocidad del aire y Humedad Relativa. En todos los casos de estaciones a la intemperie (OUTDOOR) se considero

mediciones tanto diurnas como nocturnas, las mismas que se realizaron en horas de mayor temperatura (comprendidas entre las 11h00 a 15h00, en el día) y las de menor temperatura (comprendidas entre las 23h00 y 03h00, en la noche). Para el caso de Radiobases con protección a la intemperie (INDOOR), se realizó una sola medición, debido a que el parámetro de temperatura no cambian con el avance de horas del día gracias al control automático de temperatura, el mismo que está programado según el sitio (sea este costa, sierra o amazonía). En todas las estaciones monitoreadas no hay variación de la temperatura respecto a la altura del trabajador (tobillos, abdomen y cabeza); por lo que se considera un ambiente homogéneo y se realizó las medidas a 1.10m de altura con respecto al piso. El consumo metabólico para los trabajadores se considero en base a las tabla de la Norma ISO 7243 (Tabla 3), estimándose para trabajadores de pie, desarrollando una actividad ligera en un tiempo aproximado de cuatro horas tablas de establecidas por ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (Tabla 4).

- ♦ **CONFORT LUMÍNICO.**- para el monitoreo de sitios que están a la intemperie (Radiobases “OUTDOOR”) se realizo en horas de la noche (23h00 a 03h00). Por el contrario en sitios que disponen de protección a la intemperie (Estaciones “INDOOR”) las condiciones de iluminación son independientes de la hora del día, por lo que únicamente se hizo una sola medición de este parámetro. La altura de la medición se considero en los sitios en los cuales los trabajadores realizan las actividades de operación y mantenimiento (aproximadamente entre el 1.20 y 1.50m de altura con respecto al suelo).

3.4 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.

3.3.1 MÉTODO WBGT.

La metodología utilizada para la evaluación de estrés térmico esta recogida en la Nota Técnica Preventiva 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Basado en la Norma **UNE EN 27243:95 Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)** (ANEXO 1).

3.3.2 MÉTODO FANGER.

La metodología utilizada para la evaluación de estrés térmico está recogida en la Nota Técnica Preventiva 74: Confort Térmico – Metodo de Fanger para su evaluación. Basado en la metodología de la Norma **UNE-EN ISO 7730:96 Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico** (ANEXO 2).

3.4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Los instrumentos de medición utilizados para el presente estudio se pueden mencionar a los siguientes:

- ◆ Termómetros líquidos.- emplean en su interior una sustancia termoscópica la misma que debe permitir una dilatación regular (el más utilizado por sus características es el mercurio, debido a que no moja el vidrio y permanece limpio desde los -40°C hasta los 350°C). Se presenta como un instrumento de utilización sencilla, el tiempo de respuesta varía de 3 a 15 minutos **(12)**.
- ◆ Termómetros de resistencia eléctrica.- dispone de una entrada para termoelementos Níquel-Cromo, Níquel-Hierro o Níquel-Platino. Este tipo de instrumento permite realizar mediciones a distancia su tiempo de respuesta varia de 3 a 7 minutos **(12)**.

3.4.1 TERMÓMETRO DE BULBO.

El Termómetro de Bulbo (Figura 10) es el instrumento que se emplea para la determinar la Temperatura Radiante Media (TRM), dicho instrumento permite conocer los intercambios de radiación térmica entre el hombre y el medio. El referido instrumento está constituido por de un material buen conductor de calor una esfera de color negro mate de 15 cm de diámetro y un espesor de 0.05 a 0.2 mm. En su interior se dispone de un termómetro de mercurio.

Para el presente estudio se considera la radiación térmica homogénea, por lo que el globo se situó a una altura de 1.10m con respecto del suelo. Debido a las características de este instrumento se espero de 20 a 25 minutos hasta conseguir una estabilización del mismo **(14)**.

3.4.2 TERMÓMETRO DE TEMPERATURA SECA.

Definida como la temperatura del aire medida (T_a o T_s), se debe cumplir las siguientes requisitos antes de realizar una medición con este equipo (Figura 11):

- ♦ Proteger al sensor de la radiación térmica, pero sin interrumpir la circulación natural de aire del entorno.
- ♦ El equipo debe disponer de una escala de medición comprendida entre 20 °C y 60 °C (con $\pm 1^\circ\text{C}$ de error) **(15)**.

3.4.3 TERMÓMETRO DE TEMPERATURA HÚMEDA y PSICRÓMETRO.

Para el presente estudio se utilizo un sensor digital de temperatura recubierto de un tejido humedecido que es ventilado de forma natural, es decir, sin ventilación forzada. El psicrómetro PCE-320 (Figura 12). Se puede determinar el clima ambiental (humedad y temperatura ambientales). El psicrómetro le ofrece informaciones complementarias como el punto de rocío (temperatura de punto de rocío) y la temperatura de esfera húmeda. Permite la visualización de la humedad relativa del aire en valores de porcentaje. Además permite la lectura de mediciones directamente en la pantalla del psicrómetro **(16)**.

3.4.4 ANEMÓMETRO.

El equipo utilizado para la medición de la velocidad del aire es el Anemómetro digital PCE 424 (Figura 13), el mismo que compone de un bastón telescópico de 1.5m de longitud, y en su extremo superior cuenta de una sonda térmica de 8 mm de diámetro (conocida también como hilo térmico), la misma que permite registrar la velocidad del aire y la temperatura, apropiado para bajas velocidades de aire de aire, dispone de una pantalla de cristal liquido (Liquid Crystal Display, LCD por sus siglas en inglés) (17).

3.4.5 LUXÓMETRO.

El luxómetro PCE-172 (Figura 17) ofrece los resultados de medición en las unidades Lux y FootCandle. El aparato detecta de forma automática el valor pico, cuando ese valor queda retenido mínimo 10 μ s. Luxómetro de alta precisión. El uso es muy sencillo (32).

Este instrumento da una respuesta compensada de acuerdo con la curva de visión normalizada según la Comisión Internacional de Iluminación y poseer un difusor corrector de coseno, garantizando la medición de iluminación en el plano de colocación del instrumento. Además debe estar provisto de un selector para dar una lectura a plena escala, adecuada al rango de iluminancia que debe medirse, con una precisión de + 2%.

3.5 FASES DEL ESTUDIO:

La tabla correspondiente en la cual se señala el cronograma de ejecución y costos del estudio esta adjunto en la Tabla 11.

CAPITULO IV

4.1 RESULTADOS.

4.1.1 EVALUACIÓN TÉRMICA.

Debido a la variabilidad climática y la continentalidad que enfrenta cada estación los valores de temperatura varían según su ubicación. Pero a efectos de poder representar los datos de mediciones recopilados en campo (ANEXO 3 y ANEXO 4), se puede observar las diferencias encontradas según la hora del día y la región natural (costa, sierra y/o amazonía). A los datos se los ha sometido a evaluación mediante el programa informático SPRINGER v.3.1 debido a la facilidad de cálculo y por la cantidad de sitios monitoreados con sus respectivas variables ambientales.

4.1.2 EVALUACIÓN LUMÍNICA.

Durante el trabajo de campo se constato diferencias de infraestructura instalada en las estaciones base celular, sujeto del estudio encontrándose sitios con adecuada iluminación para labores de operación y mantenimiento (según las tablas del Real Decreto 486/97 y/o el Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, se fijo el valor de 200 Luxes) (ver ANEXO 8).

4.2 DISCUSIÓN.

4.2.1 EVALUACIÓN TÉRMICA.

Para el presente estudio se agrupo los datos tomados en las tres regiones (litoral, sierra y amazonía). Estaciones con infraestructura (indoor), presentan variables de ambiente térmico estables durante todo el día. Se registro valores de temperatura ambiente durante las horas críticas de temperatura, dependiendo de

la ubicación geográfica (a medio día o a media noche según corresponda) (ANEXO 4).

- a) **ESTACIONES IMPLANTADAS EN EL LITORAL.-** En base a los análisis realizados tanto en el día como en la noche se puede encontrar que si existe riesgo por exceso de calor y a su vez se presenta una acentuada incomodidad por calor al valorar en base su valor promedio obtenido de 59,6% de Porcentaje Previsto de Insatisfacción (PPI) y destacándose como Ligeramente caliente y Caliente según el Índice de Valoración Media (IVM).
- b) **ESTACIONES IMPLANTADAS EN LA SIERRA.-** En base a los análisis realizados durante el día se observa que existe riesgo de estrés térmico al calor y destacando una acentuada incomodidad en base al valor promedio de 17,8% de Porcentaje Previsto de Insatisfacción (PPI) y acentuándose como Ligeramente caliente según su Índice de Valoración Media. Por otro lado el 40% de los casos evaluados durante horas de la noche existe riesgo de estrés térmico al frío (el restante 60% no presenta riesgo por estrés térmico al frío), y destacando insatisfacción al frío con un PPI de 9,03% y según su IVM se destaca como ligeramente frío.
- c) **ESTACIONES IMPLANTADAS EN LA AMAZONÍA.-** Durante el análisis de datos tanto en horas del día como en la noche se observa que existe riesgo de estrés térmico al calor y destacando una acentuada incomodidad en base al valor promedio de 39,89% de Porcentaje Previsto de Insatisfacción (PPI) y acentuándose como Ligeramente caliente y caliente según su Índice de Valoración Media (IVM).

4.2.2 EVALUACIÓN LUMÍNICA.

Para el análisis del presente estudio se agrupado a las estaciones base por su similitud de infraestructura y disposición de iluminación de la siguiente manera:

a.) **ESTACIONES GSM OUTDOOR ILUMINADAS CON LÁMPARAS**

FLUORESCENTES.- Todas estas estaciones son comprendidas como outdoor, el sistema de iluminación provisto es mediante lámparas fluorescentes de 30mm de diámetro y potencia de 40W. Según los datos copilados en campo para este caso de infraestructura se han encontrado sitios con un mínimo nivel de iluminación de 80 Luxes (EBC Lago Agrio) este valor se debe a la mala disposición de las luminarias con respecto a los gabinetes GSM de telegestión y adicionalmente al tamaño de estas, lo que limita que la luz ingrese con facilidad al interior de los referidos gabinetes.

En contraste encontramos radiobases con niveles de iluminación comprendidos entre 600 y 1306 Luxes (EBC Vía a Mindo y Rancho San Francisco, respectivamente), estos valores se deben básicamente a la adecuada disposición de luminarias montadas en el perfil metálico de la cubierta de los gabinetes. El promedio encontrado en este caso de estaciones se fijo en 468 Luxes (valores registrados en la EBC La Concordia) (Figura 18).

b.) **ESTACIONES GSM INDOOR.-** Para el caso de este tipo de estaciones, se

evidencio que hay adecuados niveles de iluminación general, pero por otro lado se evidencio deficiencias gabinetes GSM indoor (Figura 19), en la mayoría de casos se debe a una inadecuada ubicación de los equipos con respecto a las luminarias, lo que imposibilita al espectro luminoso ingresar al interior de los gabinetes. De los datos recogidos en campo se constato que el nivel de iluminación más bajo registro 18 Luxes (EBC Tres Cruces), en contraste con el máximo de iluminación de 470 Luxes (correspondiente a la EBC Pomasqui). El nivel de iluminación promedio en este caso se ubica en 249 Luxes (valores tomados de la estación Puerto Quito).

c.) **ESTACIONES GSM OUTDOOR ILUMINADOS CON LÁMPARAS DE TUNGSTENO.**- De los datos en medidos en campo, las estaciones con este tipo de luminaria obtuvo los valores más bajos en cuanto a niveles de iluminación (Figura 20). Registrando valores de 0 luxes (caso de las estaciones Papallacta y El Carmelo), en contraste con el máximo registrado de 488 Luxes (radiobase La Morita); como valor promedio se anoto un nivel de iluminación de 81 luxes.

4.3 CONCLUSIONES:

4.3.1 EVALUACIÓN TÉRMICA.

Los valores registrados en campo nos permiten identificar según la ubicación geográfica (Litoral, sierra y amazonía) que estaciones base celular presentan mayor incomodidad por frío o calor respectivamente. Por tanto se concluye del presente estudio lo siguiente:

- a) **LITORAL.-** Para las tareas desarrolladas tanto en el día como en la noche se demuestra que, si existe riesgo por estrés térmico al calor en trabajos de operación y mantenimiento. Así mismo se destaca la acentuada disconformidad debido al calor existente por lo que se deberán adoptar las medidas adecuadas a fin de reducir el riesgo por sobrecarga térmica por calor.
- b) **SIERRA.-** Los datos evaluados demuestran que las tareas de operación y mantenimiento ejecutados durante el día presentan riesgo de estrés térmico por calor. De igual manera las tareas ejecutadas durante la noche representan riesgos de estrés térmico por frío.
- c) **AMAZONÍA.-** Durante trabajos de operación y mantenimiento llevados a cabo en el día existe riesgo por estrés térmico al calor. De igual manera se encontró que el riesgo por estrés térmico por calor persiste en horas de la noche.

4.3.2 EVALUACIÓN LUMÍNICA.

En base a los datos encontrados durante la evaluación de los niveles de iluminación en campo se concluye lo siguiente:

- a.) **ESTACIONES GSM CON OUTDOOR ILUMINADAS CON LÁMPARAS FLUORESCENTES.-** se destaca este tipo de estación

y su sistema de iluminación el que mejores niveles de iluminación ha registrado, sin embargo una inadecuada ubicación de luminarias puede comprometer la eficiencia luminosa y reducir en gran medida el nivel de iluminación esperado, por lo que al momento de instalar el sistema de iluminación se debe considerar que sea localizado a los gabinetes, para que de esta manera cumpla con su propósito.

b.) ESTACIONES GSM INDOOR CON ILUMINADAS CON LÁMPARAS

FLUORESCENTES.- este tipo de estación brinda adecuados niveles de iluminación además que dicho nivel es constante a lo largo del día debido a sus características y facilidades como tal. Sin embargo se encontró estaciones en los cuales los niveles son bastante bajos para el desarrollo de tareas de operación y mantenimiento debido a la mala ubicación de luminarias con respecto al sitio donde se han instalado los gabinetes GSM.

c.) ESTACIONES GSM OUTDOOR ILUMINADAS CON LÁMPARAS

DE TUNGSTENO.- para el caso de estaciones que dispone de este tipo de iluminación se constato que los niveles de iluminación disponibles no son los adecuados según la normativa tanto española como ecuatoriana. Por lo que este tipo de luminaria es inadecuada para las tareas de operación y mantenimiento. Este tipo de luminaria está concebida para iluminación general más no para iluminación localizada.

4.4 RECOMENDACIONES:

4.4.1 RECOMENDACIONES DE EVALUACIÓN TÉRMICA.

a) ESTACIONES BASE IMPLANTADAS EN LA REGIÓN COSTA Y AMAZONÍA.

- ◆ En las estaciones que no se dispone de protección a la intemperie, se deberá considerar la posibilidad de proveer de una carpa tipo “pérgola” de color blanco, desmontables. Adicionalmente de ayudar a bajar la carga por calor contrarrestará los efectos dañinos del por sobreexposición a los rayos ultravioletas.
- ◆ Analizar la posibilidad de proveer a los trabajadores de ventiladores portátiles y con altura regulable, a fin de que permita a disminuir la temperatura corporal a través de la evaporación y convección. Se recomienda que la velocidad del aire en la región del litoral y amazonia sea de 0,50m/s, dicho aporte de aire en movimiento no deberá estar direccionado al trabajador sino el flujo deberá llegar de manera indirecta a fin de evitar malestar en las vías respiratorias del individuo.
- ◆ Formar, capacitar e informar al trabajador en cuanto a la prevención de enfermedades provocadas por el calor y la deshidratación.
- ◆ Mantener bebidas hidratantes para la recuperación de electrolitos perdidos por la sudoración.
- ◆ Al momento de trabajar, aflojarse las prendas lo mayor posible, para favorecer la circulación y mantener una temperatura corporal adecuada.
- ◆ Proveer alimentos ricos en sodio y potasio.
- ◆ Estado de salud físico adecuado y cardiacos y endocrinológicas no vayan
- ◆ Evitar el consumo de alimentos ricos en carbohidratos.
- ◆ Evitar el consumo de bebidas que contengan cafeína.
- ◆ Para la profundización del presente estudio se recomienda hacer el análisis de datos en base al índice de sudoración requerida SW_{eq} ISO 7933 a fin de establecer límites de trabajo en caso de que el índice así lo establezca.

b) ESTACIONES BASE IMPLANTADAS EN LA REGIÓN SIERRA.

- ◆ Se recomienda que en horas del día se disponga de un ventilador portátil con altura regulable, el mismo que deberá aportar un flujo de aire indirecto y una velocidad de aire de 0,25m/s.
- ◆ Evitar la insolación mediante carpas tipo “pérgola” en los sitios que no se dispongan de protección a la intemperie.
- ◆ Aumentar el asilamiento térmico con vestidos que incrementen resistencia térmica al frío en caso de requerirlo, esta medida no afecta a las tareas de operación y mantenimiento a desarrollar debido a las características del trabajo (sedentario).
- ◆ Información y formación a los trabajadores respecto a los riesgos a la salud por exposición al frío.
- ◆ Proveer de hidratación constante.
- ◆ Cambio inmediato de prendas en caso de mojarse para evitar el descenso de temperatura corporal.
- ◆ Proteger de la intemperie las partes expuestas al frío a fin de evitar pérdidas por convección.
- ◆ Para confirmar los datos presentados del presente estudio, se recomienda realizar el análisis de estrés térmico por frío mediante el Método de evaluación de ambientes fríos. Determinación del aislamiento requerido para la vestimenta IREQ y/o Método de enfriamiento de la piel por convección. Índice de viento frío (Wind Chill Index, por sus siglas en inglés WCI).

c) RECOMENDACIONES GENERALES.

- ◆ Evitar que las tomas de aire exterior para las estaciones indoor (con sistema de aire acondicionado) no estén localizadas en sitios de contaminación elevada, como por ejemplo cerca de chimeneas, rejillas de

expulsión de aire viciado, emisiones industriales y de aparcamientos, vías de tráfico intenso, torres de refrigeración, etc. Para su ubicación, se deberían tener en cuenta, además, los vientos dominantes de la zona.

4.4.2 RECOMENDACIONES DE EVALUACIÓN LUMÍNICA.

a) ESTACIONES GSM OUTDOOR ILUMINADAS CON LÁMPARAS FLUORESCENTES.

- ✦ Mantener dentro de lo posible este tipo de infraestructura y su sistema de iluminación como tal, ya que como se demuestran los resultados, ofrece las mejores niveles de iluminación.
- ✦ Procurar que las luminarias estén ubicadas de manera tal que haz luminoso incidente ingrese en mayor porcentaje a los equipos de telegestión.
- ✦ Planificar y disponer de un procedimiento de limpieza y mantenimientos de lámparas, para mantener en buen estado y evitar pérdidas por suciedad u obstáculos (en estaciones de la región costa y amazonía, la acumulación de insectos y humedad deteriora la vida útil de las luminarias).
- ✦ Evitar que el ángulo formado por el rayo luminoso con la horizontal del ojo del trabajador sea inferior a 30 grados. El valor ideal se fija en 45 grados **(33)**.
- ✦ Cuando se emplee iluminación fluorescente, los focos luminosos serán como mínimo dobles, debiendo conectarse repartidos entre las fases y no se alimentarán con corriente que no tenga al menos cincuenta periodos por segundo **(33)**.
- ✦ Condiciones inadecuadas de iluminación en los lugares de trabajo pueden traer consigo la disminución de la eficacia visual la misma que puede aumentar el número de errores y accidentes así como la carga visual y la fatiga durante la ejecución de las tareas **(33)**.

b) ESTACIONES GSM INDOOR ILUMINADAS CON LÁMPARAS FLUORESCENTES.

- ✦ Una distribución adecuada de luminancias ayuda a que el campo visual no merme la visibilidad del trabajador, para evitar la fatiga visual del trabajador.
- ✦ Realizar un análisis previo a la instalación o adecuación de equipos (migración de tecnología), a fin de aprovechar al máximo el nivel de iluminación entregado por las luminarias.

c) ESTACIONES GSM OUTDOOR ILUMINADAS CON LÁMPARAS DE TUNGSTENO.

- ✦ En los casos que se evalúen y se consideren necesarios se deberán reubicar las luminarias que presentan estas características, a fin de que el haz luminoso llegue hasta el interior de los equipos de telegestión.
- ✦ Proveer al personal de operación y mantenimiento de lámparas halógenas portátiles y con altura regulable a fin de proporcionar un adecuado nivel de iluminación y evitar la fatiga visual.
- ✦ Evitar que el nivel de iluminación sea distinto al del entorno para evitar que se produzca reducción de la eficiencia visual y la aparición de fatiga, a causa de la repetida adaptación de los ojos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Telefónica-Movistar. Manual para entender la telefonía móvil. 2007.
2. Roalino A. METEOROLOGÍA GENERAL. Quito, Ecuador. 2000; 119 -122.
3. Cámara Informática y Comunicaciones de la República Argentina (CICOMRA). Seminario: Atenas, infraestructura necesaria para las telecomunicaciones. 2004; 3, 15.
4. Osepchuk J, Petersen R. Historical review of RF exposure standards and the International Committee on Electromagnetic Safety (ICES). Bioelectromag Suppl. 2003; (6):S7-S16.
5. Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones (AHCJET). Estudio sobre las normas legislativas y procedimientos de control de emisiones radioeléctricas en América Latina. 2004. Madrid; 21 - 23.
6. Telefónica Móviles México. Información sobre Telefonía celular y Salud. 2003; 4 - 6
7. IMEI – Wikipedia, la enciclopedia libre. 2008 [consultado el 19 de febrero de 2008]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/IMEI>
8. Clima del Litoral ecuatoriano – Rutas turísticas virtuales Andinas. 2008 [consultado el 03 de marzo de 2008]. Disponible en <http://www.comunidadandina.org/turismo/ecuador/clima.htm>
9. Vargas M., Ecología y Biodiversidad del Ecuador. 2002; 40, 49, 69.
10. Cañadas C. El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG. 1983.

11. Ulloa C, Møller P. Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador. Flora online [consultado el 06 de marzo de 2008]. Disponible en: <http://flora.huh.harvard.edu/FloraData/201/Chapters/chapter-2.shtml>
12. Mondelo P, Torada E, Comas S, Castejón E, Lacambara E. Diseño de puestos de trabajo y Espacios de trabajo. Confort y estrés térmico, tomo II. Ediciones UPC, S.L. Universitat Pòlitécnica de Catalunya. Barcelona. 2000; 13, 14, 15, 17, 19, 20, 40
13. Aisa A, Ruggero R, Juncá R. Biblioteca técnica de Prevención de Riesgos Laborales. Evaluación y prevención de riesgos, Volumen 1. Ediciones CEAC. 2000; 118
14. Nota Técnica Preventiva (NTP) 322: Valoración de riesgo de estrés térmico: índice WBGT. 2008 [consultado el 06 de marzo de 2008]. Disponible en: http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_322.htm
15. Termómetro de contacto digital CEM. DT-812. 2008. [consultado el 06 de marzo de 2008]. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-temperatura/termometro-tk-1312.htm>
16. Termómetro de Temperatura húmeda y Psicrometro digital PCE-320. 2008. [consultado el 06 de marzo de 2008]. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/manuales/manual-higrometro-pce-320.pdf>
17. Anemómetro PCE 424 digital. 2008. [consultado el 06 de marzo de 2008]. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-aire/anemometro-con-sonda-termica-ha.htm>
18. Datos de radiación solar diaria que recibe el Ecuador en sus diferentes regiones naturales. 2007. [consultado el 16 de diciembre de 2007]. Disponible en: <http://www.inamhi.gov.ec/educativa/WMO-No.258%20E&T-HID.pdf>

19. Clasificación de suelos según color y textura. FEOZEM (H) o tierra negra de páramo. 2007. [consultado el 16 de diciembre de 2007]. Disponible en: <http://www.geofisica.unam.mx/~cecilia/cursos/GuiaNotasEdaf2.html>
20. Sánchez J. Introducción a la estadística en las Ciencias Biológicas. 2002. Quito, Ecuador; 72.
21. Exposición al calor y frío extremo. 2007. [consultado el 18 de diciembre de 2007]. Disponible en: <http://www.windsurfers.com.ar/Hipotermia.jpg>
22. Fluctuación del ritmo circadiano. 2007. [consultado el 18 de diciembre de 2007]. Disponible en: http://neurologiadeltrabajo.sen.es/reunion2002_nt_maq.htm
23. Efectos del calor en la salud. 2007. [consultado el 18 de diciembre de 2007]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos7/enfoc/enfoc.shtml?relacionados>
24. Sangro P, y Jenks W. Enciclopedia de medicina, higiene y seguridad del trabajo. Española Copyright de la Oficina Internacional del Trabajo. 1994; 45-48.
25. Finkela–Caulyle J. y Guerra M. Enfermedades ocupacionales. Organización Panamericana de la Salud. 1989; 112
26. Síndromes hipertérmicos. 2008. [consultado el 10 de enero de 2008]. Disponible en: <http://tratado.uninet.edu/c090301.html>
27. Farrer F, Minaya G, Niño J, Ruiz Manuel. Manual de Ergonomía. Fundación MAPFRE. 1997. Madrid, España; 265
28. Lehman G. Fisiología práctica del trabajo. Editorial Aguilar. Madrid 1960
29. Mondelo P, Gregori E, de Pedro O y Gómez M. Diseño de puestos y espacios de trabajo. Trabajo en oficinas, tomo IV. Ediciones UPC, S.L. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 2000; 133,134,137,139,140

30. Costa G, Ghirlanda G, Minors DS, Waterhouse JM. Effect of bright light on tolerance to night work. *Scand J Work Environ Health* 1993; 19: 414-20.
31. Manual de Luminotécnica. 2008. [consultado el 10 de enero de 2008]. Disponible en: <http://www.laszlo.com.ar/manual212325.htm>
32. Luxómetro PCE-172. 2008. [consultado el 06 de marzo de 2008]. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/luxometro-tfc-172.htm>
33. Nota Técnica Preventiva 211. 2008. [consultado el 17 de marzo de 2008]. Disponible en: http://www.mtas.es//insht/ntp/ntp_211.htm

FIGURAS

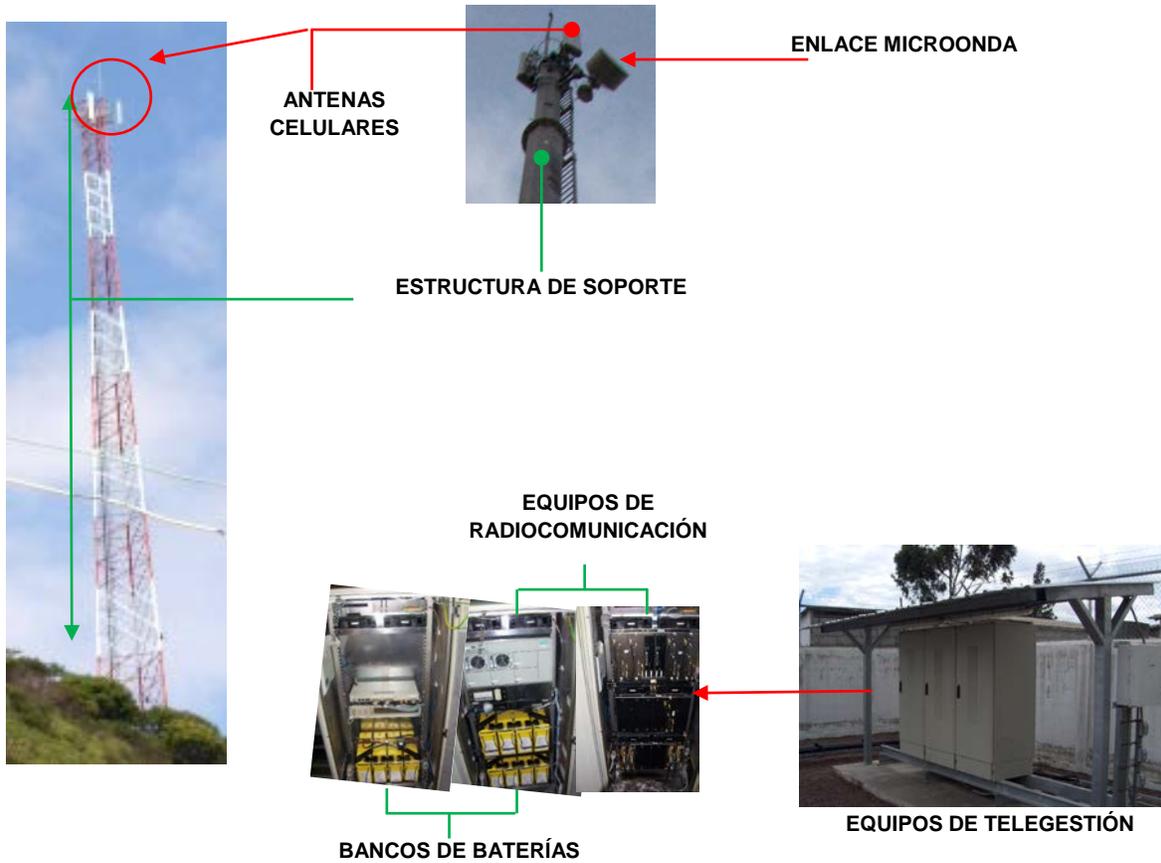


FIGURA 1

Estación Base Celular y sus componentes de telegestión. Vásquez 2008

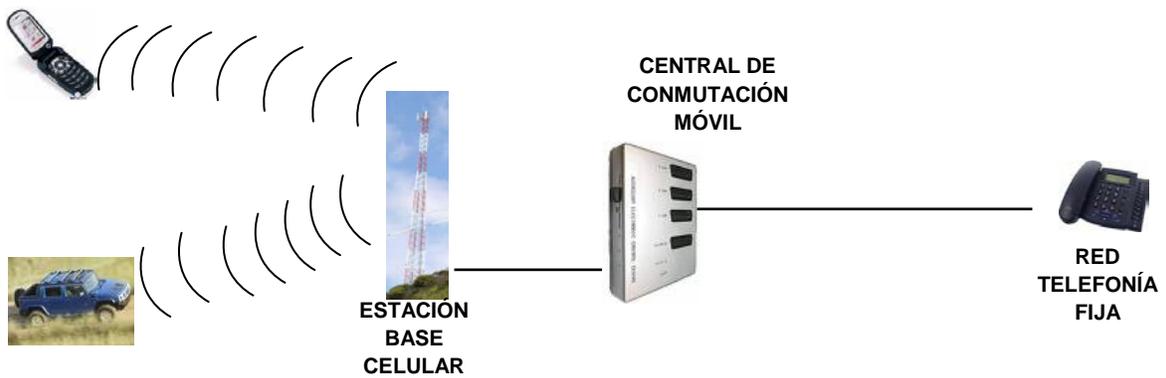


FIGURA 2

Arquitectura de un sistema de telefonía móvil. Fuente (CICOMRA, 2004)

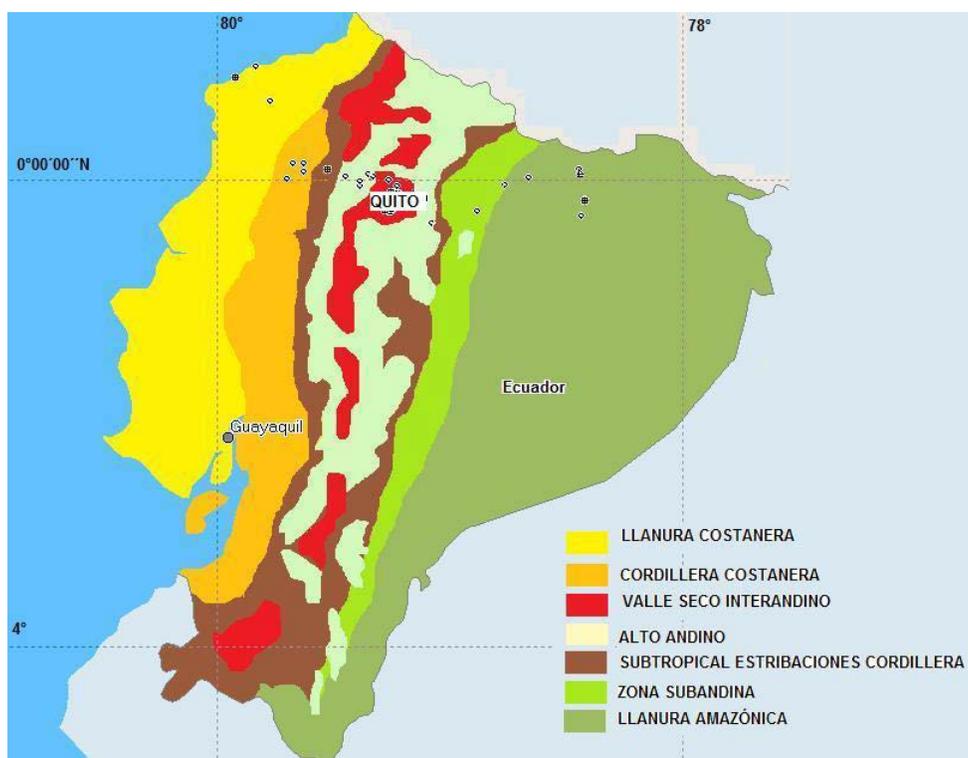


FIGURA 3

Representación de los pisos climáticos del Ecuador. Fuente: (Rovalino, 2000)



FIGURA 4

Piso climático del Litoral. Cordillera costanera y llanura costanera. Fuente: Rovalino, 2000

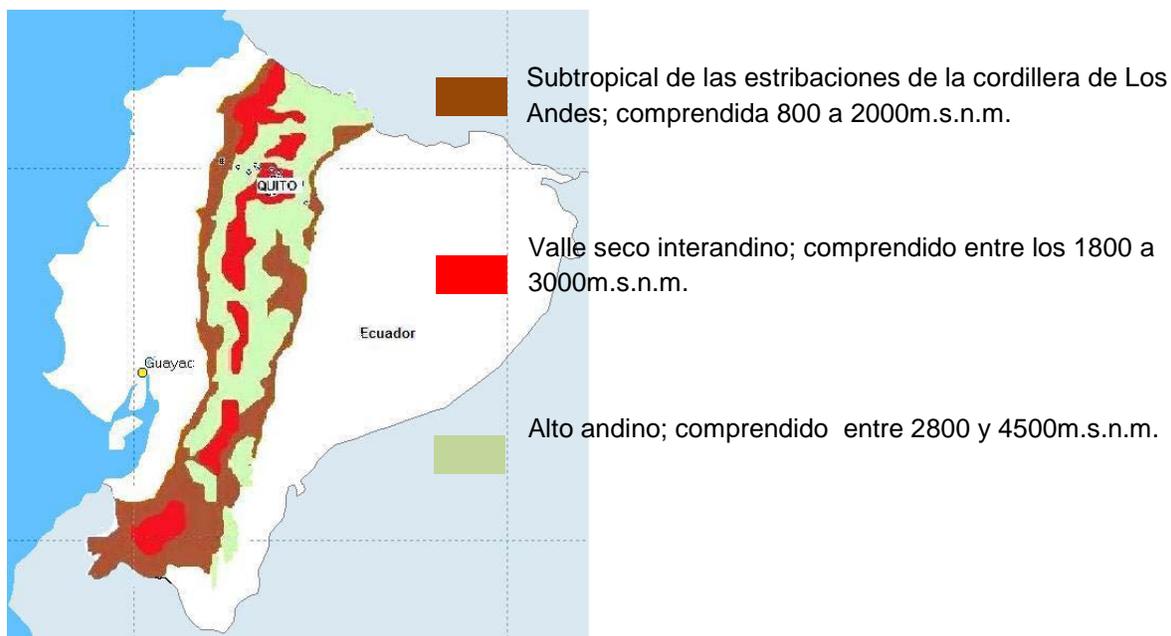


FIGURA 5

Piso Climático Subtropical de las Estribaciones de la Cordillera de Los Andes (Occidental y Oriental). Piso Climático del Valle Interandino y Piso Climático Alto Andino. Fuente: Vargas, 2002.



FIGURA 6

Piso Climático Amazónico. Zona Subandina y Llanura Amazónica. Fuente: Rovalino, 2000.

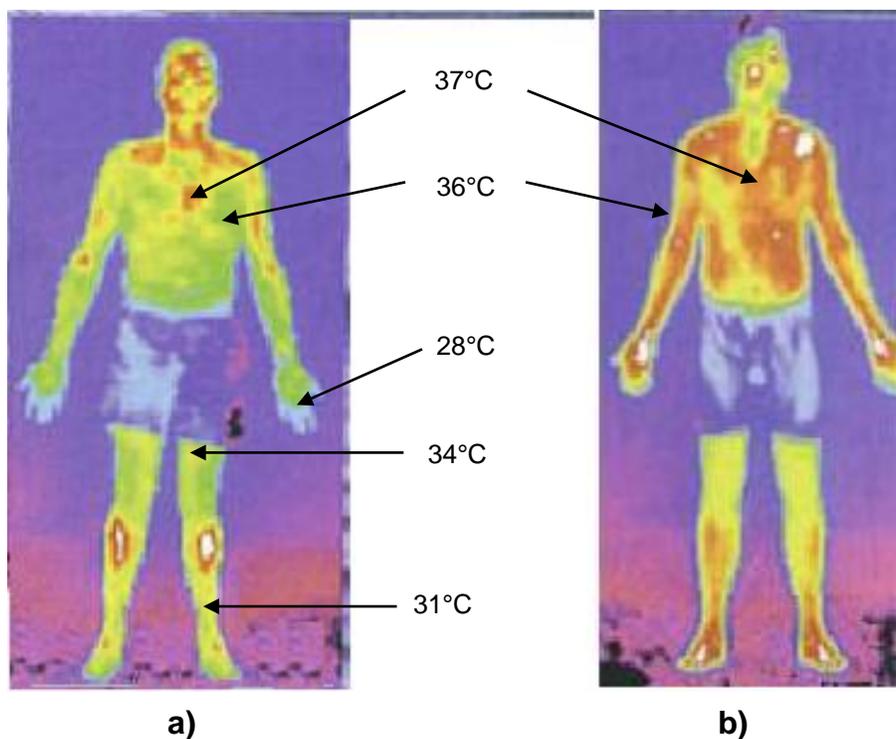


FIGURA 7

Temperaturas aproximadas del cuerpo humano expuesto a condiciones de frío y condiciones de calor a) Bajo condiciones de frío (20 – 24°C) b) Bajo condiciones de calor ($\geq 35^\circ\text{C}$). Fuente: <http://www.windsurfers.com.ar/Hipotermia.jpg>

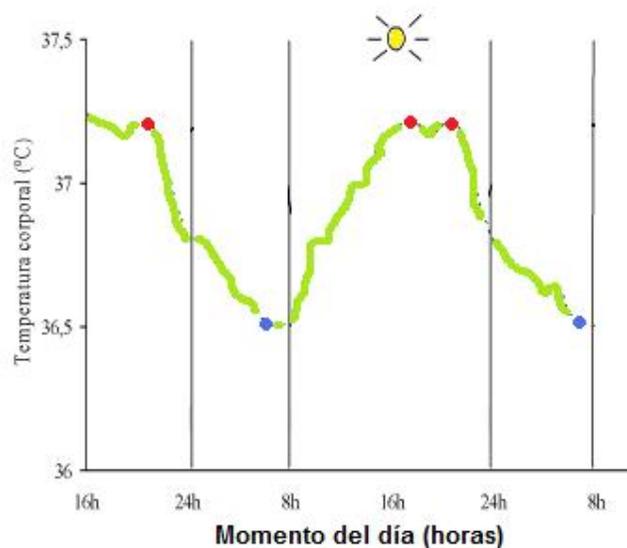


FIGURA 8

Ritmo circadiano de la temperatura rectal, según Ernest Pöppel. Fuente: http://neurologiadeltrabajo.sen.es/reunion2002_nt_maq.htm

ESCALA DE TEMPERATURA CORPORAL	
°C	SÍNTOMA
44	GOLPE DE CALOR
42	CONVULSIONES, COMA
41	PIEL CALIENTE, SECA
40	HIPERPIREXIA
38	INTERVALO APROXIMADO DE
36	TEMPERATURA NORMA
34	SENSACIÓN EXTREMA DE FRIO
33	HIPOTERMIA
32	BRADICARDIA, HIPOTENSIÓN
30	SOMNOLENCIA APATÍA
28	MUSCULATURA RÍGIDA
26	LIMITE INFERIOR DE SUPERVIVENCIA: PARADA CARDIACA, FIBRILACIÓN.

FIGURA 9

Escala de la temperatura corporal. Fuente: Mondelo, 2001

**FIGURA 10**

Termómetro de Globo. Fuente: Vásquez, 2008.



Especificaciones técnicas de operación	
Rango de medición	- 50 ... 1.300 °C
Resolución	- 50 ... + 199,9 °C ± 0,1 °C 200 ... 1.300 °C ± 1 °C
Precisión a 20°C	± 2,0 °C del valor de - 50 ... 0 °C ± 0,5 % del valor +1 °C de 0...1000 °C ± 0,8 % del valor +1 °C a más de 1000 °C
Función diferencial	T1 menos T2 (delta T)
Termo elemento	tipo K
Hendidura del sensor de temperat.	Para enchufes de miniatura
Pantalla	pantalla LCD de 45mm con iluminación de fondo (se puede desconectar)
Alimentación	batería de 9V (incluida)
Temperatura ambiental y humedad del aire	operativo: 0 ... + 50 °C, bajo 80 % Hr almacén: - 20 °C ... + 60 °C bajo 80 % Hr

FIGURA 11

Termómetro de Temperatura Seca CEM. DT-812. Fuente: Vásquez, 2008



Especificaciones técnicas de operación	
Rangos de medición (interno)	
Temperatura	- 20 ... + 50 °C
Humedad relativa	0 ... 100 % H. r.
Temperatura de esfera húmeda	- 21,6 ... + 50 °C
Temperatura de rocío	- 78,7 ... + 50 °C
(sensor externo)	
Temperatura	- 20 ... + 70 °C
Resolución	
Temperatura	0,1 °C
Humedad relativa	0,10%
Precisión	
Temperatura	± 1 K
Humedad relativa	± 3 %
Tiempo de respuesta	aprox. 60 s
Tipo de sensor de humedad	sensor de resistencia
Sensor de temperatura externo	con cable de 1,1 m adaptable por medio de enchufe de jacks de 2,5 mm; longitud con asidero incluido: 15 cm
Alimentación	2 baterías AAA de 1,5 V
Condiciones ambientales	- 20 ... + 50 °C / 0 ... 100 % H.r.

FIGURA 12

Termómetro de Temperatura húmeda y psicrómetro PCE-320. Fuente: Vásquez, 2008.



Datos técnicos de operación	
Campo de medición	PCE 424
Velocidad	0 ... 2 m/s 0 ... 15 m/s 0 ... 30 m/s
Temperatura	0 ... 80 °C
Precisión	
Velocidad	±2 % ± 1digit
Temperatura	± 1°C
Resolución	0.01 m/s
Memoria de datos	99 pares de datos (m/s y °C)
Salida analógica	0 - 1 V (corresp. 0 - 100 % del campo de medición)
Longitud del sensor	194 - 930 mm
Diámetro del sensor	mín.- max. 8 hasta 13 mm
Longitud del cable	1 m
Condiciones ambientales	Presión barométrica: 500mbares ... 2 bares Temperatura: -10 ... 50 °C
Visualización	6 dígitos LCD
Alimentación de corriente	4 baterías AA 1,5 V
Vida útil de las baterías	aprox. 15 h

FIGURA 13

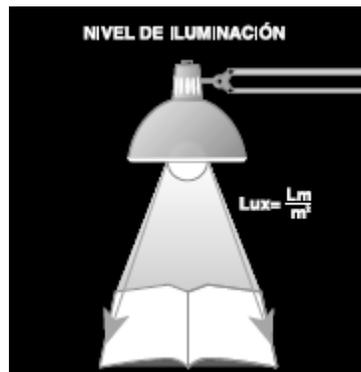
Anemómetro PCE-424. Fuente: Vásquez, 2008.



Símbolo: Φ (Phi)
Unidad de medida: LUMEN (Lm)

FIGURA 14.

Flujo Luminoso. Fuente: INSHT



Símbolo: E
Unidad de medida: LUX (Lux = Lumen/m²)

FIGURA 15.

Nivel de iluminación. Fuente: INSHT



Unidad de medida: cd/m²

FIGURA 16.

Brillo fotométrico. Fuente: INSHT



Especificaciones técnicas	
Rangos	200 / 2.000 / 20.000 / 50.000 Lux 20 / 200 / 2.000 / 5.000 FootCandle
Resolución	0,1 / 1 / 10 / 100 Lux 0,01 / 0,1 / 1 / 10 FootCandle
Precisión	± 2% para max. 30° ángulo de incidencia
Indicador de superación de rango	OL = Overload
Sucesión de medición	aprox. 2,5 por segundo
Condiciones ambientales	0...40°C/ 80% H.r.
Pantalla	pantalla LCD de 3½ posiciones
Alimentación	batería de bloque de 9 V

FIGURA 17.
Luxómetro PCE-172. Fuente: Vásquez, 2008.



a) b)

FIGURA 18

Estaciones GSM outdoor iluminadas con lámparas fluorescentes. a) sistema iluminación EBC Rancho San Francisco. b) sistema iluminación de EBC Lago Agrio Centro. Fuente: Vásquez, 2008.



a)



b)



c)

FIGURA 19

Estaciones GSM indoor. a) exterior de una EBC GSM (shelter) b) interior de una estación GSM indoor c) gabinetes GSM indoor. Fuente: Vásquez. 2008.



a) b)



c)

FIGURA 20

Estaciones GSM iluminados con lámparas de tungsteno. a) EBC La Morita b) EBC Papallacta c) EBC La Unión. Fuente: Vásquez, 2008.

TABLAS

DATOS	HOMBRE	MUJER
Talla (m)	1.7	1.6
Peso (Kg.)	70	60
Superficie (m²)	1.8	1.6
Edad (años)	35	35
Metabolismo basal (W/m²)	44	41

Tabla 1. Condiciones de calor metabólico. Fuente: Fundación MAPFRE

Régimen de trabajo / descanso	Carga de Trabajo		
	Liviana	Moderada	Pesada
Trabajo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo 25% descanso por hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo 50% descanso por hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo 75% descanso por hora	32,2	31,1	30,0

Tabla 2. Valores Umbrales Límites Permisibles para Exposición al Calor
(Expresado en grados Celsius). Fuente: MTAS

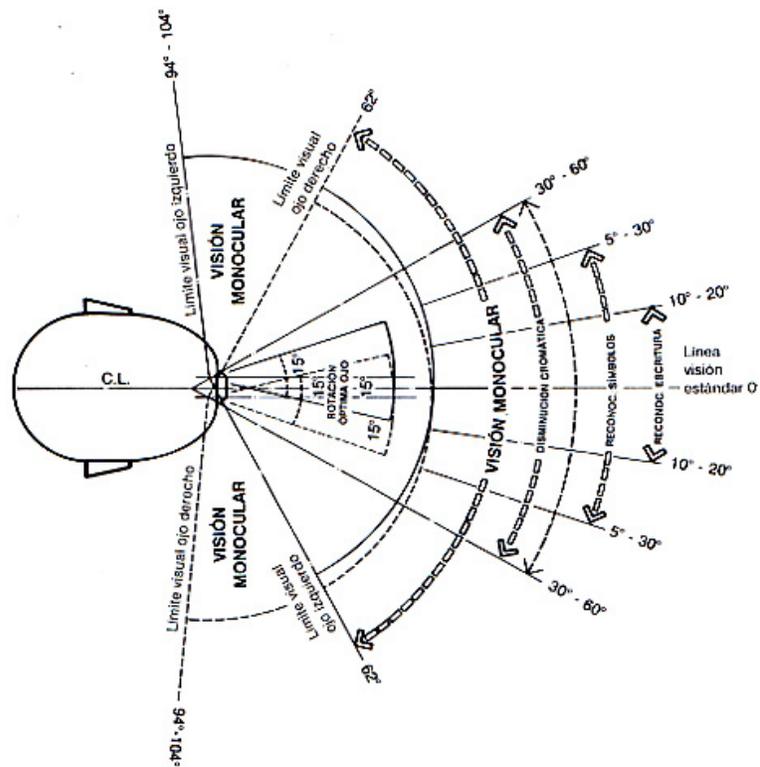
Consumo metabólico (kcal/h)	WBGT límite (°C)			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	Velocidad aire = 0	Velocidad aire ≠ 0	Velocidad aire = 0	Velocidad aire ≠ 0
≤ 100	33	33	32	32
100-200	30	30	29	29
200-310	28	28	26	26
310-400	25	26	22	23
> 400	23	25	18	20

Tabla 3. Valores límite de referencia según Norma ISO 7243. Fuente: MTAS

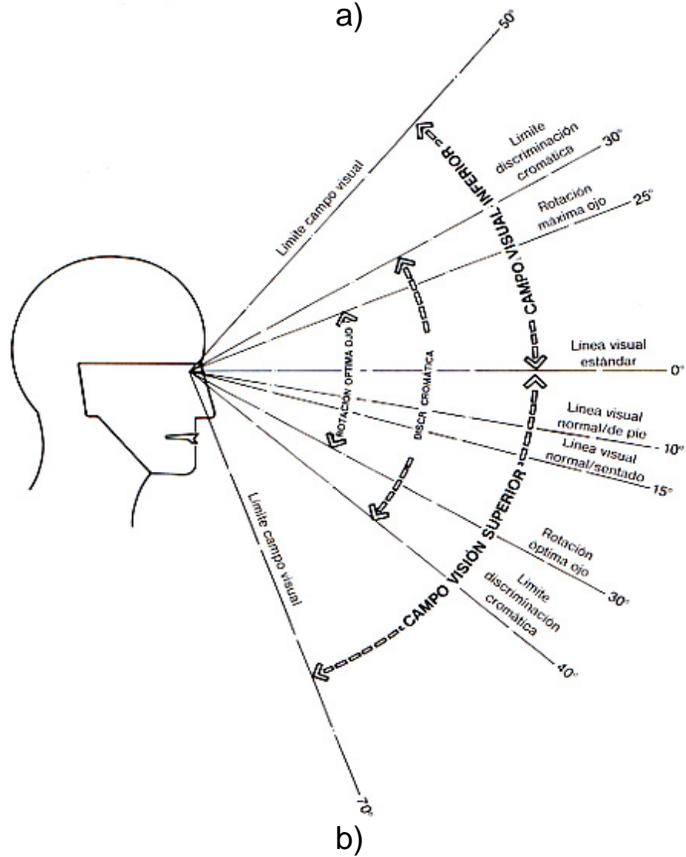
Posición y movimiento del cuerpo	Consumo metabólico (Kcal/min)
Sentado	0,3
De pie	0,6
Andando	2,0-3,0
Subida de una pendiente andando	Añadir 0,8 por metro de subida

Tipo de trabajo		Media consumo (Kcal/min)	Rango consumo (Kcal/min)
Trabajo manual	Ligero	0,4	0,2-1,2
	Pesado	0,9	
Trabajo con un brazo	Ligero	1,0	0,7-2,5
	Pesado	1,7	
Trabajo con dos brazos	Ligero	1,5	1,0-3,5
	Pesado	2,5	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3,5	2,5-15,0
	Moderado	5,0	
	Pesado	7,0	
	Muy pesado	9,0	

Tabla 4. Estimación del consumo metabólico, según las posturas y movimientos (28). Fuente: MTAS



a)



b)

Tabla 5. Campo visual a) vista superior b) vista lateral. Fuente: Mondelo P, Gregori E, de Pedro O y Gómez M., 2000

EDAD (años)	DIÁMETRO Y ÁREA DE LA PUPILA		
	luz día	oscuridad	diferencia
20	 4,7 mm (17,4 mm ²)	 8,0 mm (50,3 mm ²)	3,3 mm (180%)
30	 4,3 mm (17,4 mm ²)	 7,0 mm (153,9 mm ²)	2,7 mm (165%)
40	 3,9 mm (17,4 mm ²)	 6,0 mm (113,1 mm ²)	2,1 mm (137%)
50	 3,5 mm (17,4 mm ²)	 5,0 mm (78,5 mm ²)	1,5 mm (104%)
60	 3,1 mm (17,4 mm ²)	 4,1 mm (52,8 mm ²)	1,0 mm (75%)
70	 2,7 mm (17,4 mm ²)	 3,2 mm (32,2 mm ²)	0,5 mm (41%)
80	 2,3 mm (17,4 mm ²)	 2,5 mm (19,6 mm ²)	0,2 mm (18%)

Tabla 6. Variación de la capacidad de la adaptación de la pupila con la edad.

Fuente: Mondelo P, Gregori E, de Pedro O y Gómez M., 2000

Lámpara incandescente para señalización	1 Lm
Lámpara para bicicleta	18 Lm
Lámpara incandescente clara de 40W	430 Lm
Tubo fluorescente de 36W	3000 Lm
Lámpara a Vapor de Mercurio de 400W	22000 Lm
Lámpara a Vapor de Sodio de Alta Presión de 400W	47000 Lm
Lámpara a vapor de mercurio halogenado de 2000W	170000 Lm

Tabla 7. Valores de flujo luminoso. Fuente:

<http://www.laszlo.com./manual212325.htm>

Luna llena	0,2 Lux
Iluminación de emergencia escape	1 Lux
Calle con buena iluminación	15 a 25 Lux
Dormitorio	70 a 100 Lux
Oficina de uso general	500 Lux
Salas de dibujo y cartografía	1000 Lux
A la sombra en exteriores	1000 a 10000 Lux
Quirófano (campo operatorio)	15000 a 25000 Lux
Directamente bajo los rayos del Sol	50000 a 100000 Lux

Tabla 8. Valores de flujo luminoso. Fuente: <http://www.laszlo.com.ar/manual212325.htm> y Mondelo P, Gregori E, de Pedro O y Gómez M., 2000

FUENTES	LUMINANCIA cd/cm ²
Sol	150000
Cielo despejado	0,3 a 0,5
Cielo nublado	0,03 a 0,1
Luna	0,25
Filamento lámpara incandescente	500 a 1000
Lámpara incandescente clara	100 a 200
Lámpara incandescente mate	5 a 50
Lámpara fluorescente 40w/20	0,75
Superficie de una mesa	0,004 a 0,006
Carcasa de PVD clara	0,007
Carcasa de PVD oscura	0,0004
Fondo de pantalla	0,0005 a 0,0015

Tabla 9. Brillo fotométrico de algunas fuentes y elementos. Fuente: Mondelo P, Gregori E, de Pedro O y Gómez M., 2000

TIPO DE ACTIVIDAD O ÁREA	Límite de mínimo Iluminación (Lux)
Áreas públicas con alrededores oscuros	20 a 50
Orientación simple para visitas temporales cortas	>50 a 100
Espacios de trabajo ocasionales donde se efectúan tareas visuales	>100 a 200
Desarrollo de tareas visuales de alto contraste o de gran tamaño: lectura de material impreso, originales mecanografiados, manuscritos en tinta, buena xerografía; trabajo pesado de banco de maquinaria; inspección ordinaria; ensamble pesado	>200 a 500
Desarrollo de tareas visuales de contraste medio o pequeño tamaño: lectura de manuscritos a lápiz, material mal impreso o reproducido; trabajo mediano de banco maquinaria; inspección difícil; ensamble medio	>500 a 1000
Desarrollo de labores visuales de bajo contraste o de muy pequeño tamaño: lectura de manuscrito con lápiz duro sobre papel de mala calidad, material muy mal reproducido; inspección muy difícil	>1000 a 2000
Desarrollo de labores visuales de bajo contraste y de muy pequeño tamaño durante un periodo prolongado: ensamble fino, inspección altamente difícil; trabajo en banco y maquinaria fina.	>2000 a 5000
Desarrollo de trabajos visuales prolongados y exactos: inspección excesivamente difícil, trabajo de banco y maquinaria extrafina, ensamble extrafino.	>5000 a 10.000
Desarrollo de tareas visuales muy especializadas de muy bajo contraste y muy reducido tamaño: algunos procedimientos quirúrgicos	>10.000 a 20.000

Tabla 10. Límites de iluminación recomendados para varios tipos de tareas.

Fuente: Comisión Internacional para la Iluminación (CIE)

ACTIVIDADES	DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO			MARZO		
Propuesta del proyecto												
Preparación de materiales												
Desplazamientos y mediciones de campo												
Análisis de datos												
Recopilación de información												
Preparación de textos												

DETALLE	V. UNITARIO en USD	V. TOTAL en USD	OBSERVACIÓN
MOVILIZACIÓN	\$ 117,90	\$ 353,70	TRES DÍAS DE ALQUILER DE VEHICULO
COMBUSTIBLE	\$ 1,92	\$ 375,12	1042Km DE RECORRIDO
ALIMENTACION	\$ 7,00	\$ 126,00	ALIMENTACIÓN PARA DOS PERSONAS POR TRES DÍAS
ALOJAMIENTO	\$ 20,00	\$ 120,00	ND
SEGURIDAD FÍSICA	\$ 150,00	\$ 450,00	ND
ALQUILER EQUIPOS	\$ 2.200,00	\$ 2.464,00	MAS 12% IVA
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y MATERIAL OFICINA	\$ 570,00	\$ 570,00	ND
COSTO TOTAL PROYECTO		\$ 4.458,82	

Tabla 11. Fases del estudio. Cronograma de ejecución y presupuesto. Fuente: Vásquez, 2008.

ANEXOS

ANEXO 1. Nota Técnica Preventiva 322. Fuente: INSHT, 2008

NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT

Estimation de la cointrante thermique: indice WBGT

Estimation of the heat stress: WBGT index

Análisis de la vigencia

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida		Se basa en normas ISO que actualmente son UNE vigentes	
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: Si

Redactor:

Pablo Luna Mendaza

Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

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.

El estudio del ambiente térmico requiere el conocimiento de una serie de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo. La mayor parte de las posibles combinaciones de estas variables que se presentan en el mundo del trabajo, dan lugar a situaciones de incomfort, sin que exista riesgo para la salud. Con menor frecuencia pueden encontrarse situaciones laborales térmicamente confortables y, pocas veces, el ambiente térmico puede generar un riesgo para la salud. Esto último está condicionado casi siempre a la existencia de radiación térmica (superficies calientes), humedad (> 60%) y trabajos que impliquen un cierto esfuerzo físico.

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.

Existen diversos métodos para valorar el ambiente térmico en sus diferentes grados de agresividad.



Fig. 1: Índices de valoración de ambiente térmico

Para ambientes térmicos moderados es útil conocer el índice PMV, cuyo cálculo permite evaluar el nivel de confort o disconfort de una situación laboral (1).

Cuando queremos valorar el riesgo de estrés térmico se utiliza el índice de sudoración requerida, que nos da entre otros datos, el tiempo máximo recomendable, de permanencia en una situación determinada (2).

El índice WBGT (3), objeto de esta Nota Técnica, se utiliza, por su sencillez, para discriminar rápidamente si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico, aunque su cálculo permite a menudo tomar decisiones, en cuanto a las posibles medidas preventivas que hay que aplicar.

Metodología

El índice WBGT se calcula a partir de la combinación de dos parámetros ambientales: la temperatura de globo TG y la temperatura húmeda natural THN. A veces se emplea también la temperatura seca del aire, TA.

Mediante las siguientes ecuaciones se obtiene el índice WBGT:

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ THN} + 0.3 \text{ TG} \text{ (I)}$$

(en el interior de edificaciones o en el exterior, sin radiación solar)

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ THN} + 0.2 \text{ TG} + 0.1 \text{ TA} \text{ (II)}$$

(en exteriores con radiación solar)

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

$$\text{WBGT} = \frac{\text{WBGT (cabeza)} + 2 \times \text{WBGT (abdomen)} + \text{WBGT (tobillos)}}{4}$$

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

Este índice así hallado, expresa las características del ambiente y no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del calor metabólico que el individuo genera durante el trabajo (M).

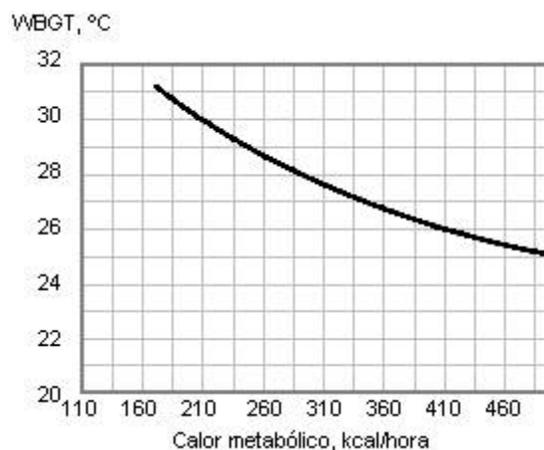


Fig. 2: Valores límite del índice WBGT (ISO 7243)

Mediante lectura en la curva correspondiente, el máximo que puede alcanzar el índice WBGT según el valor que adopta el término M.

Mediciones

Las mediciones de las variables que intervienen en este método de valoración deben realizarse preterentemente, durante los meses de verano y en las horas más cálidas de la jornada. Los instrumentos de medida deben cumplir los siguientes requisitos:

- ♦ Temperatura de globo (TG): Es la temperatura indicada por un sensor colocado en el centro de una esfera de 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 ± 1 °C de 50 °C a 120 °C.

Temperatura húmeda natural (THN): Es el valor indicado por un sensor de temperatura recubierto de un tejido humedecido que es ventilado de forma natural, es decir, sin ventilación forzada. Esto último diferencia a esta variable de la temperatura húmeda psicrométrica, que requiere una corriente de aire alrededor del sensor y que es la más conocida y utilizada en termodinámica y en las técnicas de climatización.

- ♦ El sensor debe tener las siguientes características:
- ♦ Forma cilíndrica.
- ♦ Diámetro externo de 6mm ± 1 mm.
- ♦ Longitud 30mm ± 5 mm.
- ♦ Rango de medida 5 °C 40 °C.
- ♦ Precisión $\pm 0,5$ °C.
- ♦ La parte sensible del sensor debe estar recubierta de un tejido (p.e. algodón) de alto poder absorbente de agua.
- ♦ El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6mm, y parte de él (20 mm) debe estar cubierto por el 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.
- ♦ La parte inferior del tejido debe estar inmersa en agua destilada y la parte no sumergida del tejido, tendrá una longitud entre 20 mm y 30 mm.
- ♦ El recipiente del agua destilada estará protegido de la radiación térmica.

Temperatura seca del aire (TA): Es la temperatura del aire medida, por ejemplo, con un termómetro convencional de mercurio u otro método adecuado y fiable.

- ♦ El sensor debe estar protegido de la radiación térmica, sin que esto impida la circulación natural de aire a su alrededor.
- ♦ Debe tener una escala de medida entre 20 °C y 60 °C (± 1 °C).

Cualquier otro sistema de medición de estas variables es válido si, después de calibrado, ofrece resultados de similar precisión que el sistema descrito (4).

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 (5). Esta última forma, es la más utilizada, pese a su imprecisión, por la complejidad instrumental que comporta 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 de M a cada uno de ellos. Otras, como la que se presenta en la tabla 2, determina un valor de M según la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal (6). Este último se considera de 1 Kcal / min como media para la población laboral, y debe añadirse siempre.

Tabla 1: Valores límite de referencia para el índice WBGT (ISO 7243)

Consumo metabólico Kcal/hora	WBGT límite °C			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	v=0	v≠0	v=0	v≠0
≤ 100	33	33	32	32
100 ÷ 200	30	30	29	29
200 ÷ 310	28	28	26	26
310 ÷ 400	25	26	22	23
> 400	23	25	18	20

El consumo metabólico se expresa en unidades de potencia o potencia por unidad de superficie corporal. La relación entre ellas es la siguiente:

1 Kcal/hora = 1,16 watios = 0,64 watios/m² (para una superficie corporal media de 1,8 m²).

Variación de las condiciones de trabajo con el tiempo

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

$$WBGT = \frac{\sum_{i=1}^n WBGT_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (V); \quad M = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (V);$$

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

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

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

Adecuación de regímenes de trabajo - descanso

Cuando exista riesgo de estrés térmico según lo indicado, puede establecerse un régimen de trabajo-descanso de forma que el organismo pueda restablecer el balance térmico. Se puede hallar en este caso la fracción de tiempo (trabajo-descanso) necesaria para que, en conjunto, la segura, de la siguiente forma:

$$ft = \frac{(A-B)}{(C-D)+(A-B)} \times 60 \text{ (minutos / hora)} \quad (VI)$$

Siendo:

- ♦ ft= Fracción de tiempo de trabajo respecto al total (indica los minutos a trabajar por cada hora)
- ♦ A = WBGT límite en el descanso ($M < 100$ Kcal/h.)
- ♦ B = WBGT en la zona de descanso
- ♦ C = WBGT en la zona de trabajo
- ♦ D = WBGT límite en el trabajo

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

$$ft = \frac{33-B}{33-D} \times 60 \text{ (minutos / hora)} \quad (VII)$$

Cuando $B \geq A$, las ecuaciones Vi y VII no son aplicables.

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

Limitaciones a la aplicación del método

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

Los límites expresados en la figura 1 sólo son válidos para individuos sanos y aclimatados al calor. 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.

A.C.G.I.H. (6), que adopta este método como criterio de valoración de estrés térmico y presenta una curva límite (TLV) similar, pero añadiendo además otra para individuos no aclimatados, bastante más restrictiva.

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 (1) y (2).

Ejemplo de aplicación

Supongamos una situación de trabajo caracterizada por una temperatura de globo de 40 °C y temperatura húmeda natural de 29 °C, en la que un individuo aclimatado al calor y con indumentaria veraniega (0,5 clo), descarga un horno que trabaja en continuo, secando piezas que circulan por su interior, las cuales pesan 10 Kg. Una vez descargada la pieza debe dejarla en un lugar cercano para que posteriormente otra persona proceda a su almacenamiento.

El ciclo de trabajo (mínimo conjunto de tareas que se repiten de forma ordenada a lo largo de la jornada y que constituye el trabajo habitual del individuo) se puede desglosar de la siguiente forma:

1. Descolgar y transportar la pieza	10 seg.....27% del tiempo total
2. Volver caminando a la cadena	7 seg.....19% del tiempo total
3. Esperar de pie la siguiente pieza	20 seg.....54% del tiempo total
TOTAL DEL CICLO: 37 seg.100%	

El cálculo del término M podría hacerse con ayuda de la Tabla 2 de la forma siguiente:

Tabla 2: Estimación del consumo metabólico M (ACGIH)

A. Posición y movimiento del cuerpo		Kcal/min			
1. Descolgar y transportar la pieza	Andando..... 2,0 kc	Sentado	0,3		
	Trabajo pesado con ambos brazos..... 2,5 kc	De pie	0,6		
		Andando	2,0 - 3,0		
2. Volver caminando a la cadena	Andando..... 2,0 kc	Subida de una pendiente andando	añadir 0,8 por m de		
		B. Tipo de trabajo			
3. Esperar de pie la siguiente pieza	De pie.....0,6 kc				
			Media	Rango	
			Kcal/min	Kcal/min	
		Trabajo manual	Ligero	0,4	0,2 - 1,2
			Pesado	0,9	
		Trabajo con un brazo	Ligero	1,0	0,7 - 2,5
			Pesado	1,7	
		Trabajo con dos brazos	Ligero	1,5	1,0 - 3,5
			Pesado	2,5	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3,5	2,5 - 15,0		
	Moderado	5,0			
	Pesado	7,0			
	Muy pesado	9,0			

Teniendo en cuenta la distribución de tiempos y el Metabolismo Basal considerado de 1 Kcal/min, $M = 4,5 \text{ Kcal/min} \times 0,27 + 2 \text{ Kcal/min} \times 0,19 + 0,6 \text{ Kcal/min} \times 0,54 + 1 \text{ Kcal/min} = 3,3 \text{ Kcal/min} = 198 \text{ Kcal/h}$

El índice WBGT calculado según las temperaturas indicadas y la ecuación (I), resulta ser de 32,3°C, mientras que el WBGT límite para el consumo metabólico determinado, es según indica la gráfica 1 de 30 °C, por lo que existe una situación de riesgo no admisible de estrés térmico en estas condiciones y según este método.

Si queremos aplicar al puesto, un régimen de trabajo-descanso, para disminuir el riesgo:

WBGT (límite) descansando = 33 °C (tabla 1)

Si el periodo de descanso lo realiza en las inmediaciones del puesto de trabajo, el índice WBGT es el mismo por lo que, WBGT descansado = 32,3 °C.

Aplicando la ecuación VII:

$$ft = \frac{33-32,3}{33-30} \times 60 = 14 \text{ minutos de trabajo por hora}$$

Si por el contrario descansa en un lugar más fresco, cuyo WBGT fuera por ejemplo, de 27 °C, aplicando la ecuación VI:

$$ft = \frac{(33-27)}{(32,3-30)+(33-27)} \times 60 = 43 \text{ minutos de trabajo por hora}$$

Podría hacerse con ayuda de la forma siguiente:

Bibliografía

- (1) ISO 7730. 1984 y revisión 1992 Ambiances thermiques modérés. Determination des indices PMV et PPD et specification des conditions de confort thermique
- (2) ISO 7933. 1989 Ambiances thermiques chaudes. Determination analytique et interpretation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de la sudation requise
- (3) ISO 7243. 1989 Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (Wet bulb globe temperatures)
- (4) ISO 7726. 1985 Ambiances thermiques. Appareils et méthodes de mesure des caractéristiques physiques de l'environnement
- (5) ISO/DIS 8996 Determination du métabolisme énergétique
- (6) American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold limits values and Biological exposure indices of 1992-93 Cincinnati. A.C.G.I.H. 1992

ANEXO 2. Nota Técnica Preventiva 74. Fuente: INSHT, 2008.

NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación



Thermal confort
Confort thermique

Análisis de la vigencia

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones
Válida		Describe la metodología que luego inspiró la UNE-EN ISO 7730 96
ANÁLISIS		
Criterios legales		Criterios técnicos
Derogados:	Vigentes: Si	Desfasados:
		Operativos: Si

Redactor:

Emilio Castejón Vilella

Ingeniero Industrial

Ingenieur du Génie Chimique

Ldo. en Farmacia

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

Introducción

El interés por la valoración del nivel de confort térmico nació como una consecuencia de la aparición de las técnicas de acondicionamiento de aire, cuyo fin era justamente lograr que las personas se sintieran confortables y precisaban por tanto de métodos que permitieran evaluar en qué medida se alcanzaban sus objetivos; el más conocido de los índices de evaluación del confort fue la "temperatura efectiva", desarrollado por Yaglou y colaboradores en 1923. Desde entonces han aparecido muchos otros índices, pero la mayoría de ellos no engloban variables que en un ambiente industrial son de gran importancia, como la presencia de calor radiante, la intensidad de trabajo, etc., por lo que su utilidad en el campo laboral es muy limitada.

En este panorama la aparición en 1970 de la obra "Thermal Confort" de P.O. Fanger representó un avance sustancial, al incluir en el método de valoración propuesto la práctica totalidad de las variables que influyen en los intercambios térmicos hombre-medio ambiente y que, por tanto, contribuyen a la sensación de

confort; estas variables son: nivel de actividad, características del vestido, temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad del aire.

Por otra parte la presentación del resultado expresándolo como porcentaje de personas que se sentirán inconfortables en un ambiente determinado resulta de gran interés no sólo cuando se trata de evaluar una situación sino cuando se pretende proyectar o modificar un ambiente térmico.

En la presente Nota Técnica se exponen los aspectos principales, desde el punto de vista de su aplicación práctica, del método de Fanger; sin embargo para una mejor comprensión de los fundamentos del método y de las bases experimentales del mismo, consideramos de gran interés la consulta de la obra original.

Requerimientos para el confort térmico

La primera condición que debe cumplirse para que una situación pueda ser confortable es que se satisfaga la ecuación del balance térmico; en otras palabras, es necesario que los mecanismos fisiológicos de la termorregulación sean capaces de llevar al organismo a un estado de equilibrio térmico entre la ganancia de calor (de origen ambiental y metabólico) y la eliminación del mismo. [NTP 18.82](#)

El equilibrio térmico en sí mismo está sin embargo lejos de proporcionar sensación de confort; en efecto, el organismo es capaz de conseguir satisfacer el balance térmico en una amplísima gama de combinaciones de situaciones ambientales y tasas de actividad pero sólo una estrecha franja de las mismas conducen a situaciones que el propio sujeto califique de confortables; la experiencia ha demostrado que para que se dé la sensación de confort debe cumplirse, además del equilibrio térmico, que tanto la temperatura de la piel como la cantidad de sudor secretado (y evaporado) deben estar comprendidos dentro de ciertos límites.

Los estudios de Fanger han demostrado que los valores de la temperatura de la piel y de la cantidad de sudor secretado en las situaciones confortables dependen del nivel de actividad a través de relaciones lineales; la temperatura de la piel es linealmente decreciente con el consumo metabólico mientras la cantidad de sudor evaporado crece linealmente con la actividad, siempre en el supuesto de hallarnos en situaciones confortables.

La Introducción de las relaciones anteriores en la ecuación del balance térmico conduce a una expresión que Fanger llama la "ecuación del confort" que establece

la relación que, en situaciones de confort, debe cumplirse entre tres tipos de variables:

- A) Características del vestido: aislamiento y área total del mismo.
- B) Características del tipo de trabajo: carga térmica metabólica y velocidad del aire.
- C) Características del ambiente: temperatura seca, temperatura radiante media, presión parcial del vapor de agua en el aire y velocidad del aire.

La inclusión de la velocidad del aire en los apartados B) y C) se debe a considerar la velocidad efectiva del aire respecto al cuerpo tiene dos componentes: una, la velocidad que tendría el aire respecto al cuerpo y si éste estuviera quieto y otra, la velocidad debida al movimiento del cuerpo respecto a aire tranquilo; la suma de ambos valores es lo que llamaremos velocidad relativa del aire respecto al cuerpo.

Índice de valoración medio

Para estudiar la calificación que grupos de personas expuestas a una determinada situación atribuyen a su grado de confort, Fanger emplea la siguiente escala numérica de sensaciones:

- 3 muy frío
- 2 frío
- 1 ligeramente frío
- 0 neutro (confortable)
- + 1 ligeramente caluroso
- +2 caluroso
- +3 muy caluroso

Cuando un conjunto de individuos es expuesto a una determinada situación denominaremos "Índice de valoración medio" (IMV) al promedio de las respectivas calificaciones atribuidas a dicha situación de acuerdo con la escala anterior.

La [Tabla 1](#) da, para distintos valores del nivel de actividad medido como la carga térmica metabólica total, la temperatura seca, la velocidad relativa del aire respecto al cuerpo y el tipo de vestido, los valores correspondientes del IMV.

Influencia del vestido

Las características térmicas del vestido se miden en la unidad denominada "clo" (del inglés clothing, vestido), equivalente a una resistencia térmica de $0,18 \text{ m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}/\text{Kcal}$; a continuación se indica, para los tipos más usuales de vestido los correspondientes valores de la resistencia en "clo":

Desnudo: 0 clo.

Ligero: 0,5 clo (similar a un atuendo típico de verano comprendiendo ropa interior de algodón, pantalón y camisa abierta).

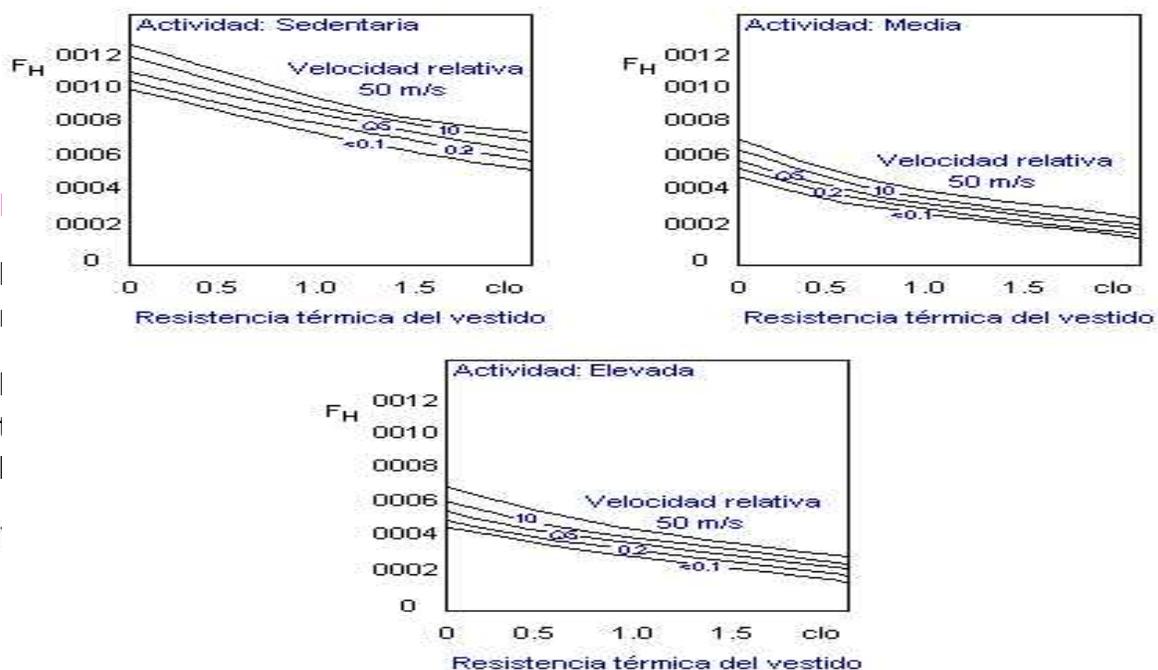
Medio: 1,0 clo (traje completo).

Pesado: 1,5 clo (uniforme militar de invierno).

Influencia de la humedad relativa

Los valores de la [Tabla 1](#) presuponen una humedad relativa del 50% y que la temperatura radiante media y la seca son iguales.

Cuando la humedad difiere de dicho valor su influencia en el IMV se tiene en cuenta mediante el empleo de los gráficos de la figura 1 donde se da el factor de corrección por humedad, F_H , en función del nivel de actividad, el tipo de vestido y la velocidad relativa del aire. Si, por ejemplo, la humedad relativa es del 30%, de la figura 1 obtenemos para personas sedentarias con vestido de 0,5 clo y velocidad relativa 0,2 m/s que F_H vale 0,0095; la corrección a añadir el valor IMV leído de la [Tabla 1](#) será: $0,0095 (30 - 50) = - 0,19$. La corrección es negativa ya que un ambiente con el 30% de humedad será, a igualdad de las demás variables, ligeramente más frío que uno con el 50%.



donde:

TRM = temperatura radiante media, °C

TG = temperatura de globo, °C

TS = temperatura seca, °C

v = velocidad relativa del aire, m/s

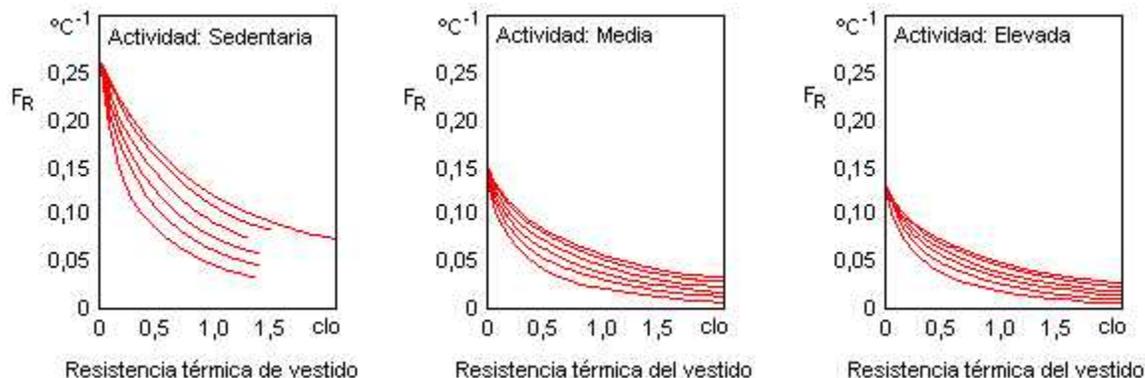


Fig. 2: Factor de corrección del IMV en función de la temperatura radiante media. (Fuente: P.O. Fanger)

Proporción de insatisfechos

Aunque el índice IMV resuelve el problema de cuantificar el grado de confort de una situación dada, su utilidad práctica sería reducida si no fuera posible correlacionar sus valores con el porcentaje de personas que para cada valor del índice expresan su conformidad o disconformidad con el ambiente en cuestión. Tal correlación ha sido establecida por Fanger a partir del estudio estadístico de los resultados obtenidos con 1.296 personas expuestas durante tres horas a un ambiente determinado.

En la figura 3 se indican los resultados de Fanger, que se expresan como el porcentaje de personas que se sienten insatisfechas para cada valor del índice IMV; se observa cómo en ambientes neutros, donde el IMV es cero, existe aún un 5% de insatisfechos lo que confirma el hecho bien conocido de que en cualquier situación, por sofisticado que sea el sistema de acondicionamiento térmico del local, existe cierta proporción de insatisfechos.

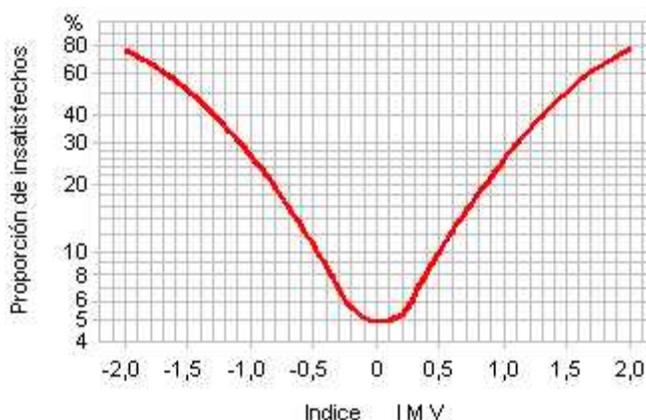


Fig. 3: Proporción prevista de personas insatisfechas en función del valor del índice IMV. (Fuente: P.O. Fanger)

Ejemplo

Supongamos la siguiente situación:

Temperatura seca: 26°C

Temperatura de globo: 28,5°C

Velocidad relativa del aire: 0,5 m/s

Humedad relativa: 70%

Vestido: ligero (0,5 clo)

Actividad: media (180 Kc/h)

El cálculo da para la temperatura radiante media un valor de 31, 86°C.

La [Tabla 1](#) nos conduce a un valor del índice IMV de 0,91. La figura 1 con 0,5 m/s y 0,5 clo da un factor F_H de 0,0045 y la figura 2 con los mismos valores da para F_R un valor de 0,08. El valor corregido del índice IMV será pues:

$$IMV = 0,91 + 20 \times 0,0045 + 4,26 \times 0,08 = 1,34$$

La figura 3 muestra que habrá un 45% de insatisfechos. Si se empleara un vestido más ligero (clo = 0,25) y al mismo tiempo se apantallaran los focos radiantes hasta conseguir que la temperatura de globo fuera igual a la seca, la [Tabla 1](#) nos da un valor del índice IMV de 0,46; de la figura 3 con 0,25 clo y 0,5 m/s obtenemos $F_H = 0,055$; la corrección por radiación será nula, al coincidir la temperatura de globo y la seca.

El índice IMV corregido valdrá por tanto:

$$\text{IMV} = 0,46 + 0,055 \times 20 = 0,57$$

para el que la figura 3 nos da un 12% de insatisfechos, habiéndose pues logrado una mejoría sensible.

Tabla 1

Nivel de actividad 90 Kcal/h.;

Vestido	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
		< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	26.	-1,62	-1,62	-1,96	-2,34					
	27.	-1,00	-1,00	-1,36	-1,69					
	28.	-0,39	-0,42	-0,76	-1,05					
	29.	0,21	0,13	-0,15	-0,39					
	30.	0,80	0,68	0,45	0,26					
	31.	1,39	1,25	1,08	0,94					
	32.	1,96	1,83	1,71	1,61					
	33.	2,50	2,41	2,34	2,29					
0,25	24.	-1,52	-1,52	-1,80	-2,06	-2,47				
	25.	-1,05	-1,05	-1,33	-1,57	-1,94	-2,24	-2,48		
	26.	-0,58	-0,61	-0,87	-1,08	-1,41	-1,67	-1,89	-2,66	
	27.	-0,12	-0,17	-0,40	-0,58	-0,87	-1,10	-1,29	-1,97	-2,41
	28.	0,34	0,27	0,07	-0,09	-0,34	-0,53	-0,70	-1,28	-1,66
	29.	0,80	0,71	0,54	0,41	0,20	0,04	-0,10	-0,58	-0,90
	30.	1,25	1,15	1,02	0,91	0,74	0,61	0,50	0,11	-0,14
	31.	1,71	1,61	1,51	1,43	1,30	1,20	1,12	0,83	0,63
0,50	23.	-1,10	-1,10	-1,33	-1,51	-1,78	-1,99	-2,16		
	24.	-0,72	-0,74	-0,95	-1,11	-1,36	-1,55	-1,70	-2,22	
	25.	-0,34	-0,38	-0,56	-0,71	-0,94	-1,11	-1,25	-1,71	-1,99
	26.	0,04	-0,01	-0,18	-0,31	-0,51	-0,66	-0,79	-1,19	-1,44
	27.	0,42	0,35	0,20	0,09	-0,08	-0,22	-0,33	-0,68	-0,90
	28.	0,80	0,72	0,59	0,49	0,34	0,23	0,14	-0,17	-0,36
	29.	1,17	1,08	0,98	0,90	0,77	0,68	0,60	0,34	0,19
	30.	1,54	1,45	1,37	1,30	1,20	1,13	1,06	0,86	0,73
0,75	21.	-1,11	-1,11	-1,30	-1,44	-1,66	-1,82	-1,95	-2,36	-2,60
	22.	-0,79	-0,81	-0,98	-1,11	-1,31	-1,46	-1,58	-1,95	-2,17
	23.	-0,47	-0,50	-0,66	-0,78	-0,96	-1,09	-1,20	-1,55	-1,75
	24.	-0,15	-0,19	-0,33	-0,44	-0,61	-0,73	-0,83	-1,14	-1,33
	25.	0,17	0,12	-0,01	-0,11	-0,26	-0,37	-0,46	-0,74	-0,90
	26.	0,49	0,43	0,31	0,23	0,09	0,00	-0,08	-0,33	-0,48
	27.	0,81	0,74	0,64	0,56	0,45	0,36	0,29	0,08	-0,05
	28.	1,12	1,05	0,96	0,90	0,80	0,73	0,67	0,48	0,37
1,00	20.	-0,85	-0,87	-1,02	-1,13	-1,29	-1,41	-1,51	-1,81	-1,98
	21.	-0,57	-0,60	-0,74	-0,84	-0,99	-1,11	-1,19	-1,47	-1,63
	22.	-0,30	-0,33	-0,46	-0,55	-0,69	-0,80	-0,88	-1,13	-1,28
	23.	-0,02	-0,07	-0,18	-0,27	-0,39	-0,49	-0,56	-0,79	-0,93
	24.	0,26	0,20	0,10	0,02	-0,09	-0,18	-0,25	-0,46	-0,58
	25.	0,53	0,48	0,38	0,31	0,21	0,13	0,07	-0,12	-0,23
	26.	0,81	0,75	0,66	0,60	0,51	0,44	0,39	0,22	0,13
	27.	1,08	1,02	0,95	0,89	0,81	0,75	0,71	0,56	0,48
1,25	16.	-1,37	-1,37	-1,51	-1,62	-1,78	-1,89	-1,98	-2,26	-2,41
	18.	-0,89	-0,91	-1,04	-1,14	-1,28	-1,38	-1,46	-1,70	-1,84
	20.	-0,42	-0,46	-0,57	-0,65	-0,77	-0,86	-0,93	-1,14	-1,26
	22.	0,07	0,02	-0,07	-0,14	-0,25	-0,32	-0,38	-0,56	-0,66
	24.	0,56	0,50	0,43	0,37	0,28	0,22	0,17	0,02	-0,06
	26.	1,04	0,99	0,93	0,88	0,81	0,76	0,72	0,61	0,54
	28.	1,53	1,48	1,43	1,40	1,34	1,31	1,28	1,19	1,14
	30.	2,01	1,97	1,93	1,91	1,88	1,85	1,83	1,77	1,74
1,50	14.	-1,36	-1,36	-1,49	-1,58	-1,72	-1,82	-1,89	-2,12	-2,25
	16.	-0,94	-0,95	-1,07	-1,15	-1,27	-1,36	-1,43	-1,63	-1,75
	18.	-0,52	-0,54	-0,64	-0,72	-0,82	-0,90	-0,96	-1,14	-1,24
	20.	-0,09	-0,13	-0,22	-0,28	-0,37	-0,44	-0,49	-0,65	-0,74
	22.	0,35	0,30	0,23	0,18	0,10	0,04	0,00	-0,14	-0,21
	24.	0,79	0,74	0,68	0,63	0,57	0,52	0,49	0,37	0,31
	26.	1,23	1,18	1,13	1,09	1,04	1,01	0,98	0,89	0,84
	28.	1,67	1,62	1,58	1,56	1,52	1,49	1,47	1,40	1,37

Nivel de actividad 110 Kcal/h.

Vestido clo	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	25.	-1.33	-1.33	-1.59	-1.92					
	26.	-0.83	-0.83	-1.11	-1.40					
	27.	-0.33	-0.33	-0.63	-0.88					
	28.	0.15	0.12	-0.14	-0.36					
	29.	0.63	0.56	0.35	0.17					
	30.	1.10	1.01	0.84	0.69					
	31.	1.57	1.47	1.34	1.24					
	32.	2.03	1.93	1.85	1.78					
0.25	23.	-1.18	-1.18	-1.39	-1.61	-1.97	-2.25			
	24.	-0.79	-0.79	-1.02	-1.22	-1.54	-1.80	-2.01		
	25.	-0.42	-0.42	-0.64	-0.83	-1.11	-1.34	-1.54	-2.21	
	26.	-0.04	-0.07	-0.27	-0.43	-0.68	-0.89	-1.06	-1.65	-2.04
	27.	0.33	0.29	0.11	-0.03	-0.25	-0.43	-0.58	-1.09	-1.43
	28.	0.71	0.64	0.49	0.37	0.18	0.03	-0.10	-0.54	-0.82
	29.	1.07	0.99	0.87	0.77	0.61	0.49	0.39	0.02	-0.22
	30.	1.43	1.35	1.25	1.17	1.05	0.95	0.87	0.58	0.39
0.50	18.	-2.01	-2.01	-2.17	-2.38	-2.70				
	20.	-1.41	-1.41	-1.58	-1.76	-2.04	-2.25	-2.42		
	22.	-0.79	-0.79	-0.97	-1.13	-1.36	-1.54	-1.69	-2.17	-2.46
	24.	-0.17	-0.20	-0.36	-0.48	-0.68	-0.83	-0.95	-1.35	-1.59
	26.	0.44	0.39	0.26	0.16	0.01	-0.11	-0.21	-0.52	-0.71
	28.	1.05	0.98	0.88	0.81	0.70	0.61	0.54	0.31	0.16
	30.	1.64	1.57	1.51	1.46	1.39	1.33	1.29	1.14	1.04
	32.	2.25	2.20	2.17	2.15	2.11	2.09	2.07	1.99	1.95
0.75	16.	-1.77	-1.77	-1.91	-2.07	-2.31	-2.49			
	18.	-1.27	-1.27	-1.42	-1.56	-1.77	-1.93	-2.05	-2.45	
	20.	-0.77	-0.77	-0.92	-1.04	-1.23	-1.36	-1.47	-1.82	-2.02
	22.	-0.25	-0.27	-0.40	-0.51	-0.66	-0.78	-0.87	-1.17	-1.34
	24.	0.27	0.23	0.12	-0.03	-0.10	-0.19	-0.27	-0.51	-0.65
	26.	0.78	0.73	0.64	0.57	0.47	0.40	0.34	0.14	0.03
	28.	1.29	1.23	1.17	1.12	1.04	0.99	0.94	0.80	0.72
	30.	1.80	1.74	1.70	1.67	1.62	1.58	1.55	1.46	1.41
1.00	16.	-1.18	-1.18	-1.31	-1.43	-1.59	-1.72	-1.82	-2.12	-2.29
	18.	-0.75	-0.75	-0.88	-0.98	-1.13	-1.24	-1.33	-1.59	-1.75
	20.	-0.32	-0.33	-0.45	-0.54	-0.67	-0.76	-0.83	-1.07	-1.20
	22.	0.13	0.10	0.00	-0.07	-0.18	-0.26	-0.32	-0.52	-0.64
	24.	0.58	0.54	0.46	0.40	0.31	0.24	0.19	0.02	-0.07
	26.	1.03	0.98	0.91	0.86	0.79	0.74	0.70	0.57	0.50
	28.	1.47	1.42	1.37	1.34	1.28	1.24	1.21	1.12	1.06
	30.	1.91	1.86	1.83	1.81	1.78	1.75	1.73	1.67	1.63
1.25	14.	-1.12	-1.12	-1.24	-1.34	-1.48	-1.58	-1.66	-1.90	-2.04
	16.	-0.74	-0.75	-0.86	-0.95	-1.07	-1.16	-1.23	-1.45	-1.57
	18.	-0.38	-0.38	-0.48	-0.55	-0.66	-0.74	-0.81	-1.00	-1.11
	20.	0.02	-0.01	-0.10	-0.16	-0.26	-0.33	-0.38	-0.55	-0.64
	22.	0.42	0.38	0.31	0.25	0.17	0.11	0.07	-0.08	-0.16
	24.	0.81	0.77	0.71	0.66	0.60	0.55	0.51	0.39	0.33
	26.	1.21	1.16	1.11	1.08	1.03	0.99	0.96	0.87	0.82
	28.	1.60	1.56	1.52	1.50	1.46	1.43	1.41	1.34	1.30
1.50	12.	-1.09	-1.09	-1.19	-1.27	-1.39	-1.48	-1.55	-1.75	-1.86
	14.	-0.75	-0.75	-0.85	-0.93	-1.03	-1.11	-1.17	-1.35	-1.45
	16.	-0.41	-0.42	-0.51	-0.58	-0.67	-0.74	-0.79	-0.96	-1.05
	18.	-0.06	-0.09	-0.17	-0.22	-0.31	-0.37	-0.42	-0.56	-0.64
	20.	0.28	0.25	0.18	0.13	0.05	0.00	-0.04	-0.16	-0.23
	22.	0.63	0.60	0.54	0.50	0.44	0.39	0.36	0.25	0.19
	24.	0.99	0.95	0.91	0.87	0.82	0.78	0.76	0.67	0.62
	26.	1.35	1.31	1.27	1.24	1.20	1.18	1.15	1.08	1.05

Nivel de actividad 125 Kcal/h.;

Vestido clo	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
		< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	24.	-1,14	-1,14	-1,35	-1,65					
	25.	-0,72	-0,72	-0,95	-1,21					
	26.	-0,30	-0,30	-0,54	-0,78					
	27.	0,11	0,11	-0,14	-0,34					
	28.	0,52	0,48	0,27	0,10					
	29.	0,92	0,85	0,69	0,54					
	30.	1,31	1,23	1,10	0,99					
31.	1,71	1,62	1,52	1,45						
0,25	22.	-0,95	-0,95	-1,12	-1,33	-1,64	-1,90	-2,11		
	23.	-0,63	-0,63	-0,81	-0,99	-1,28	-1,51	-1,71	-2,38	
	24.	-0,31	-0,31	-0,50	-0,66	-0,92	-1,13	-1,31	-1,91	-2,31
	25.	0,01	0,00	-0,18	-0,33	-0,56	-0,75	-0,90	-1,45	-1,80
	26.	0,33	0,30	0,14	0,01	-0,20	-0,36	-0,50	-0,98	-1,29
	27.	0,64	0,59	0,45	0,34	0,16	0,02	-0,10	-0,51	-0,78
	28.	0,95	0,89	0,77	0,68	0,53	0,41	0,31	-0,04	-0,17
29.	1,26	1,19	1,09	1,02	0,89	0,80	0,72	0,43	0,24	
0,50	18.	-1,36	-1,36	-1,49	-1,66	-1,93	-2,12	-2,29		
	20.	-0,85	-0,85	-1,00	-1,14	-1,37	-1,54	-1,68	-2,15	-2,43
	22.	-0,33	-0,33	-0,48	-0,61	-0,80	-0,95	-1,06	-1,46	-1,70
	24.	0,19	0,17	0,04	-0,07	-0,22	-0,34	-0,44	-0,76	-0,96
	26.	0,71	0,66	0,56	0,48	0,35	0,26	0,18	-0,07	-0,23
	28.	1,22	1,16	1,09	1,03	0,94	0,87	0,81	0,63	0,51
	30.	1,72	1,66	1,62	1,58	1,52	1,48	1,44	1,33	1,25
32.	2,23	2,19	2,17	2,16	2,13	2,11	2,10	2,05	2,02	
0,75	16.	-1,17	-1,17	-1,29	-1,42	-1,62	-1,77	-1,88	-2,26	-2,48
	18.	-0,75	-0,75	-0,87	-0,99	-1,16	-1,29	-1,39	-1,72	-1,92
	20.	-0,33	-0,33	-0,45	-0,55	-0,70	-0,82	-0,91	-1,19	-1,36
	22.	0,11	0,09	-0,02	-0,10	-0,23	-0,32	-0,40	-0,64	-0,78
	24.	0,55	0,51	0,42	0,35	0,25	0,17	0,11	-0,09	-0,20
	26.	0,98	0,94	0,87	0,81	0,73	0,67	0,62	0,47	0,37
	28.	1,41	1,36	1,31	1,27	1,23	1,17	1,13	1,02	0,95
30.	1,84	1,79	1,76	1,73	1,70	1,67	1,65	1,58	1,53	
1,00	14.	-1,05	-1,05	-1,16	-1,26	-1,42	-1,53	-1,62	-1,91	-2,07
	16.	-0,69	-0,69	-0,80	-0,89	-1,03	-1,13	-1,21	-1,46	-1,61
	18.	-0,32	-0,32	-0,43	-0,52	-0,64	-0,73	-0,80	-1,02	-1,15
	20.	0,04	0,03	-0,07	-0,14	-0,25	-0,32	-0,38	-0,58	-0,69
	22.	0,42	0,39	0,31	0,25	0,16	0,10	0,05	-0,12	-0,21
	24.	0,80	0,76	0,70	0,65	0,57	0,52	0,48	0,35	0,27
	26.	1,18	1,13	1,08	1,04	0,99	0,95	0,91	0,81	0,75
28.	1,55	1,51	1,47	1,44	1,40	1,37	1,35	1,27	1,23	
1,25	12.	-0,97	-0,97	-1,06	-1,15	-1,28	-1,37	-1,45	-1,67	-1,80
	14.	-0,65	-0,65	-0,75	-0,82	-0,94	-1,02	-1,09	-1,29	-1,40
	16.	-0,33	-0,33	-0,43	-0,50	-0,60	-0,67	-0,73	-0,91	-1,01
	18.	-0,01	-0,02	-0,10	-0,17	-0,26	-0,32	-0,37	-0,53	-0,52
	20.	0,32	0,29	0,22	0,17	0,09	0,03	-0,01	-0,15	-0,22
	22.	0,65	0,62	0,56	0,52	0,45	0,40	0,36	0,25	0,18
	24.	0,99	0,95	0,90	0,87	0,81	0,77	0,74	0,65	0,59
26.	1,32	1,28	1,25	1,22	1,18	1,14	1,12	1,05	1,00	
1,50	10.	-0,91	-0,91	-1,00	-1,08	-1,18	-1,26	-1,32	-1,51	-1,61
	12.	-0,63	-0,63	-0,71	-0,78	-0,88	-0,95	-1,01	-1,17	-1,27
	14.	-0,34	-0,34	-0,43	-0,49	-0,58	-0,64	-0,69	-0,84	-0,92
	16.	-0,05	-0,06	-0,14	-0,19	-0,27	-0,33	-0,37	-0,50	-0,58
	18.	0,24	0,22	0,15	0,11	0,04	-0,01	-0,05	-0,17	-0,23
	20.	0,53	0,50	0,45	0,40	0,34	0,30	0,27	0,17	0,11
	22.	0,83	0,80	0,75	0,72	0,67	0,63	0,60	0,52	0,47
24.	1,13	1,10	1,06	1,03	0,99	0,96	0,94	0,87	0,83	

Nivel de actividad 145 Kcal/h.;

Vestido	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)									
		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50	
0	23.	-1.12	-1.12	-1.29	-1.57						
	24.	-0.74	-0.74	-0.93	-1.18						
	25.	-0.36	-0.36	-0.57	-0.79						
	26.	0.01	0.01	-0.20	-0.40						
	27.	0.38	0.37	0.17	0.00						
	28.	0.75	0.70	0.53	0.39						
	29.	1.11	1.04	0.90	0.79						
	30.	1.46	1.38	1.27	1.19						
	0.25	16.	-2.29	-2.29	-2.36	-2.62					
		18.	-1.72	-1.72	-1.83	-2.06	-2.42				
20.		-1.15	-1.15	-1.29	-1.49	-1.80	-2.05	-2.26			
22.		-0.58	-0.58	-0.73	-0.90	-1.17	-1.38	-1.55	-2.17	-2.58	
24.		-0.01	-0.01	-0.17	-0.31	-0.53	-0.70	-0.84	-1.35	-1.68	
26.		0.56	0.53	0.39	0.29	0.12	-0.02	-0.13	-0.52	-0.78	
28.		1.12	1.06	0.96	0.89	0.77	0.67	0.59	0.31	0.12	
30.		1.66	1.60	1.54	1.49	1.42	1.36	1.31	1.14	1.02	
0.50		14.	-1.85	-1.85	-1.94	-2.12	-2.40				
		16.	-1.40	-1.40	-1.50	-1.67	-1.92	-2.11	-2.26		
	18.	-0.95	-0.95	-1.07	-1.21	-1.43	-1.59	-1.73	-2.18	-2.46	
	20.	-0.49	-0.49	-0.62	-0.75	-0.94	-1.08	-1.20	-1.59	-1.82	
	22.	-0.03	-0.03	-0.16	-0.27	-0.43	-0.55	-0.65	-0.98	-1.18	
	24.	0.43	0.41	0.30	0.21	0.08	-0.02	-0.10	-0.37	-0.53	
	26.	0.89	0.85	0.76	0.70	0.60	0.52	0.46	0.25	0.12	
	28.	1.34	1.29	1.23	1.18	1.11	1.06	1.01	0.86	0.77	
0.75	14.	-1.16	-1.16	-1.26	-1.38	-1.57	-1.71	-1.82	-2.17	-2.38	
	16.	-0.79	-0.79	-0.89	-1.00	-1.17	-1.29	-1.39	-1.70	-1.88	
	18.	-0.41	-0.41	-0.52	-0.62	-0.76	-0.87	-0.96	-1.23	-1.39	
	20.	-0.04	-0.04	-0.15	-0.23	-0.36	-0.45	-0.52	-0.76	-0.90	
	22.	0.35	0.33	0.24	0.17	0.07	-0.01	-0.07	-0.27	-0.39	
	24.	0.74	0.71	0.63	0.58	0.49	0.43	0.38	0.21	0.12	
	26.	1.12	1.08	1.03	0.98	0.92	0.87	0.83	0.70	0.62	
	28.	1.51	1.46	1.42	1.39	1.34	1.31	1.28	1.19	1.14	
1.00	12.	-1.01	-1.01	-1.10	-1.19	-1.34	-1.45	-1.53	-1.79	-1.94	
	14.	-0.68	-0.68	-0.78	-0.87	-1.00	-1.09	-1.17	-1.40	-1.54	
	16.	0.16	0.16	-0.46	-0.53	-0.65	-0.74	-0.80	-1.01	-1.13	
	18.	0.04	-0.04	-0.13	-0.20	-0.30	-0.38	-0.44	-0.62	-0.73	
	20.	0.28	0.27	0.19	0.13	0.04	-0.02	-0.07	-0.23	-0.32	
	22.	0.62	0.59	0.53	0.48	0.41	0.35	0.31	0.17	0.10	
	24.	0.96	0.92	0.87	0.83	0.77	0.73	0.69	0.58	0.52	
	26.	1.29	1.25	1.21	1.18	1.14	1.10	1.07	0.99	0.94	
1.25	10.	-0.90	-0.90	-0.98	-1.06	-1.18	-1.27	-1.33	-1.54	-1.66	
	12.	-0.62	-0.62	-0.70	-0.77	-0.88	-0.96	-1.02	-1.21	-1.31	
	14.	-0.33	-0.33	-0.42	-0.48	-0.58	-0.65	-0.70	-0.87	-0.97	
	16.	-0.05	-0.05	-0.13	-0.19	-0.28	-0.34	-0.39	-0.54	-0.62	
	18.	0.24	0.22	0.15	0.10	0.03	-0.03	-0.07	-0.20	-0.28	
	20.	0.52	0.50	0.44	0.40	0.33	0.29	0.25	0.14	0.07	
	22.	0.82	0.79	0.74	0.71	0.65	0.61	0.58	0.49	0.43	
	24.	1.12	1.09	1.05	1.02	0.97	0.94	0.92	0.84	0.79	
1.50	8.	-0.82	-0.82	-0.89	-0.96	-1.06	-1.13	-1.19	-1.36	-1.45	
	10.	-0.57	-0.57	-0.65	-0.71	-0.80	-0.86	-0.92	-1.07	-1.16	
	12.	-0.32	-0.32	-0.39	-0.45	-0.53	-0.59	-0.64	-0.78	-0.85	
	14.	-0.05	-0.07	-0.14	-0.19	-0.26	-0.31	-0.36	-0.48	-0.55	
	16.	0.19	0.18	0.12	0.07	0.01	-0.04	-0.07	-0.19	-0.25	
	18.	0.45	0.43	0.38	0.34	0.28	0.24	0.21	0.11	0.05	
	20.	0.71	0.68	0.64	0.60	0.55	0.52	0.49	0.41	0.36	
	22.	0.97	0.95	0.91	0.88	0.84	0.81	0.79	0.72	0.68	

Nivel de actividad 160 Kcal/h.;

Vestido	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
		< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	22.	-1.05	-1.05	-1.19	-1.46					
	23.	-0.70	-0.70	-0.86	-1.11					
	24.	-0.36	-0.36	-0.53	-0.75					
	25.	-0.01	-0.01	-0.20	-0.40					
	26.	0.32	0.32	0.13	-0.04					
	27.	0.66	0.63	0.46	0.32					
	28.	0.99	0.94	0.80	0.68					
	29.	1.31	1.25	1.13	1.04					
	0.25	16.	-1.79	-1.79	-1.86	-2.09	-2.46			
18.		-1.28	-1.28	-1.38	-1.58	-1.90	-2.16	-2.37		
20.		-0.76	-0.76	-0.89	-1.06	-1.34	-1.56	-1.75	-2.39	-2.82
22.		-0.24	-0.24	-0.38	-0.53	-0.76	-0.95	-1.10	-1.65	-2.01
24.		0.28	0.28	0.13	0.01	-0.18	-0.33	-0.46	-0.90	-1.19
26.		0.79	0.76	0.64	0.55	0.40	0.29	0.19	-0.15	-0.38
28.		1.29	1.24	1.16	1.10	0.99	0.91	0.84	0.60	0.44
30.		1.79	1.73	1.68	1.65	1.59	1.54	1.50	1.36	1.27
0.50		14.	-1.42	-1.42	-1.50	-1.66	-1.91	-2.10	-2.25	
	16.	-1.01	-1.01	-1.10	-1.25	-1.47	-1.64	-1.77	-2.23	-2.51
	18.	-0.59	-0.59	-0.70	-0.83	-1.02	-1.17	-1.29	-1.69	-1.94
	20.	-0.18	-0.18	-0.30	-0.41	-0.58	-0.71	-0.81	-1.15	-1.36
	22.	0.24	0.23	0.12	0.02	-0.12	-0.22	-0.31	-0.60	-0.78
	24.	0.66	0.63	0.54	0.46	0.35	0.26	0.19	-0.04	-0.19
	26.	1.07	1.03	0.96	0.90	0.82	0.75	0.69	0.51	0.40
	28.	1.48	1.44	1.39	1.35	1.29	1.24	1.20	1.07	1.00
	0.75	12.	-1.15	-1.15	-1.23	-1.35	-1.53	-1.67	-1.78	-2.13
14.		-0.81	-0.81	-0.89	-1.00	-1.17	-1.29	-1.39	-1.70	-1.89
16.		-0.46	-0.46	-0.56	-0.66	-0.80	-0.91	-1.00	-1.28	-1.44
18.		-0.12	-0.12	-0.22	-0.31	-0.43	-0.53	-0.61	-0.85	-0.99
20.		0.22	0.21	0.12	0.04	-0.07	-0.15	-0.21	-0.42	-0.55
22.		0.57	0.55	0.47	0.41	0.32	0.25	0.20	0.02	-0.09
24.		0.92	0.89	0.83	0.78	0.71	0.65	0.60	0.46	0.38
26.		1.28	1.24	1.19	1.15	1.09	1.05	1.02	0.91	0.84
1.00		10.	-0.97	-0.97	-1.04	-1.14	-1.28	-1.39	-1.47	-1.73
	12.	-0.68	-0.68	-0.76	-0.84	-0.97	-1.07	-1.14	-1.38	-1.51
	14.	-0.38	-0.38	-0.46	-0.54	-0.66	-0.74	-0.81	-1.02	-1.14
	16.	-0.09	-0.09	-0.17	-0.24	-0.35	-0.42	-0.48	-0.67	-0.78
	18.	0.21	0.20	0.12	0.06	-0.03	-0.10	-0.15	-0.31	-0.41
	20.	0.50	0.48	0.42	0.36	0.29	0.23	0.18	0.04	-0.04
	22.	0.81	0.78	0.73	0.68	0.62	0.57	0.53	0.41	0.35
	24.	1.11	1.08	1.04	1.00	0.95	0.91	0.88	0.78	0.73
	1.25	8.	-0.84	-0.84	-0.91	-0.99	-1.10	-1.19	-1.25	-1.46
10.		-0.59	-0.59	-0.66	-0.73	-0.84	-0.91	-0.97	-1.16	-1.26
12.		-0.33	-0.33	-0.40	-0.47	-0.56	-0.63	-0.69	-0.86	-0.95
14.		-0.07	-0.07	-0.14	-0.20	-0.29	-0.35	-0.40	-0.55	-0.63
16.		0.19	0.18	0.12	0.06	-0.01	-0.07	-0.11	-0.24	-0.32
18.		0.45	0.44	0.38	0.33	0.26	0.22	0.18	0.06	0.00
20.		0.71	0.69	0.64	0.60	0.54	0.50	0.47	0.37	0.31
22.		0.98	0.96	0.91	0.88	0.83	0.80	0.77	0.69	0.64
1.50		-2.	-1.63	-1.63	-1.68	-1.77	-1.90	-2.00	-2.07	-2.29
	2.	-1.19	-1.19	-1.25	-1.33	-1.44	-1.52	-1.58	-1.78	-1.88
	6.	-0.74	-0.74	-0.80	-0.87	-0.97	-1.04	-1.09	-1.26	-1.35
	10.	-0.29	-0.29	-0.36	-0.42	-0.50	-0.56	-0.60	-0.74	-0.82
	14.	0.17	0.17	0.11	0.06	-0.01	-0.05	-0.09	-0.20	-0.26
	18.	0.64	0.62	0.57	0.54	0.49	0.45	0.42	0.34	0.29
	22.	1.12	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.95	0.89	0.85
	26.	1.61	1.58	1.56	1.55	1.52	1.51	1.50	1.46	1.44

Nivel de actividad 180 Kcal/h.;

Vestido clo	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	18.		-2.00	-2.02	-2.35					
	20.		-1.35	-1.43	-1.72					
	22.		-0.69	-0.82	-1.06					
	24.		-0.04	-0.21	-0.41					
	26.		0.59	0.41	0.26					
	28.		1.16	1.03	0.93					
	30.		1.73	1.66	1.60					
32.		2.33	2.32	2.31						
0,25	16.		-1.41	-1.48	-1.69	-2.02	-2.29	-2.51		
	18.		-0.93	-1.03	-1.21	-1.50	-1.74	-1.93	-2.61	
	20.		-0.45	-0.57	-0.73	-0.98	-1.18	-1.35	-1.93	-2.32
	22.		0.04	-0.09	-0.23	-0.44	-0.61	-0.75	-1.24	-1.56
	24.		0.52	0.38	0.28	0.10	-0.03	-0.14	-0.54	-0.80
	26.		0.97	0.86	0.78	0.65	0.55	0.46	0.16	-0.04
	28.		1.42	1.35	1.29	1.20	1.13	1.07	0.86	0.72
30.		1.88	1.84	1.81	1.76	1.72	1.68	1.57	1.49	
0,50	14.		-1.08	-1.16	-1.31	-1.53	-1.71	-1.85	-2.32	
	16.		-0.69	-0.79	-0.92	-1.12	-1.27	-1.40	-1.82	-2.07
	18.		-0.31	-0.41	-0.53	-0.70	-0.84	-0.95	-1.31	-1.54
	20.		0.07	-0.04	-0.14	-0.29	-0.40	-0.50	-0.81	-1.00
	22.		0.46	0.35	0.27	0.15	0.05	-0.03	-0.29	-0.45
	24.		0.83	0.75	0.68	0.58	0.50	0.44	0.23	0.10
	26.		1.21	1.15	1.10	1.02	0.96	0.91	0.75	0.65
28.		1.59	1.55	1.51	1.46	1.42	1.38	1.27	1.21	
0,75	10.		-1.16	-1.23	-1.35	-1.54	-1.67	-1.78	-2.14	-2.34
	12.		-0.84	-0.92	-1.03	-1.20	-1.32	-1.42	-1.74	-1.93
	14.		-0.52	-0.60	-0.70	-0.85	-0.97	-1.06	-1.34	-1.51
	16.		-0.20	-0.29	-0.38	-0.51	-0.61	-0.69	-0.95	-1.10
	18.		0.12	0.03	-0.05	-0.17	-0.26	-0.32	-0.55	-0.68
	20.		0.43	0.34	0.28	0.18	0.10	0.04	-0.15	-0.26
	22.		0.75	0.68	0.62	0.54	0.48	0.43	0.27	0.17
24.		1.07	1.01	0.97	0.90	0.85	0.81	0.68	0.61	
1,00	8.		-0.95	-1.02	-1.11	-1.26	-1.36	-1.45	-1.71	-1.86
	10.		-0.68	-0.75	-0.84	-0.97	-1.07	-1.15	-1.38	-1.52
	12.		-0.41	-0.48	-0.56	-0.68	-0.77	-0.84	-1.05	-1.18
	14.		-0.13	-0.21	-0.28	-0.39	-0.47	-0.53	-0.72	-0.83
	16.		0.14	0.06	0.00	-0.10	-0.16	-0.22	-0.39	-0.49
	18.		0.41	0.34	0.28	0.20	0.14	0.09	-0.06	-0.14
	20.		0.68	0.61	0.57	0.50	0.44	0.40	0.28	0.20
22.		0.96	0.91	0.87	0.81	0.76	0.73	0.62	0.56	
1,25	-2.		-1.74	-1.77	-1.88	-2.04	-2.15	-2.24	-2.51	-2.66
	2.		-1.27	-1.32	-1.42	-1.55	-1.65	-1.73	-1.97	-2.10
	6.		-0.80	-0.86	-0.94	-1.06	-1.14	-1.21	-1.41	-1.53
	10.		-0.33	-0.40	-0.47	-0.56	-0.64	-0.69	-0.86	-0.96
	14.		0.15	0.08	0.03	-0.05	-0.11	-0.15	-0.29	-0.37
	18.		0.63	0.57	0.53	0.47	0.42	0.39	0.28	0.22
	22.		1.11	1.08	1.05	1.00	0.97	0.95	0.87	0.83
26.		1.62	1.60	1.58	1.55	1.53	1.52	1.47	1.45	
1,50	-4.		-1.52	-1.56	-1.65	-1.78	-1.87	-1.95	-2.16	-2.28
	0.		-1.11	-1.16	-1.24	-1.35	-1.44	-1.50	-1.69	-1.79
	4.		-0.69	-0.75	-0.82	-0.92	-0.99	-1.04	-1.20	-1.29
	8.		-0.27	-0.33	-0.39	-0.47	-0.53	-0.58	-0.72	-0.79
	12.		0.15	0.09	0.05	-0.02	-0.07	-0.11	-0.22	-0.29
	16.		0.58	0.53	0.49	0.44	0.40	0.37	0.28	0.23
	20.		1.01	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.79	0.75
24.		1.47	1.44	1.43	1.40	1.38	1.36	1.32	1.29	

Nivel de actividad 215 Kcal/h.;

Vestido clo	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)								
		< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	16.			-1.88	-2.22					
	18.			-1.34	-1.63					
	20.			-0.79	-1.05					
	22.			-0.23	-0.44					
	24.			0.34	0.17					
	26.			0.91	0.78					
	30.			1.49	1.40					
				2.07	2.03					
0.25	14.			-1.31	-1.52	-1.85	-2.12	-2.34		
	16.			-0.89	-1.08	-1.37	-1.61	-1.81	-2.49	
	18.			-0.47	-0.63	-0.89	-1.10	-1.27	-1.87	-2.26
	20.			-0.05	-0.19	-0.41	-0.58	-0.73	-1.24	-1.38
	22.			0.39	0.28	0.09	-0.05	-0.17	-0.60	-0.88
	24.			0.84	0.74	0.60	0.48	0.39	0.05	-0.17
	26.			1.28	1.22	1.11	1.02	0.95	0.70	0.53
28.			1.73	1.69	1.62	1.56	1.51	1.35	1.24	
0.50	12.			-0.97	-1.11	-1.34	-1.51	-1.65	-2.12	-2.40
	14.			-0.62	-0.76	-0.96	-1.11	-1.24	-1.65	-1.91
	16.			-0.28	-0.40	-0.58	-0.71	-0.82	-1.19	-1.42
	18.			0.07	-0.03	-0.19	-0.31	-0.41	-0.73	-0.92
	20.			0.42	0.33	0.20	0.10	0.01	-0.26	-0.43
	22.			0.78	0.71	0.60	0.52	0.45	0.22	0.08
	24.			1.15	1.09	1.00	0.94	0.88	0.70	0.59
26.			1.52	1.47	1.41	1.36	1.32	1.19	1.11	
0.75	10.			-0.71	-0.82	-0.99	-1.11	-1.21	-1.53	-1.71
	12.			-0.42	-0.52	-0.67	-0.79	-0.88	-1.16	-1.33
	14.			-0.13	-0.22	-0.36	-0.46	-0.54	-0.79	-0.94
	16.			0.16	0.08	-0.04	-0.13	-0.20	-0.42	-0.56
	18.			0.45	0.38	0.28	0.20	0.14	-0.05	-0.17
	20.			0.75	0.69	0.60	0.54	0.49	0.32	0.22
	22.			1.06	1.01	0.94	0.88	0.84	0.70	0.62
24.			1.37	1.33	1.27	1.23	1.20	1.09	1.02	
1.00	6.			-0.78	-0.87	-1.01	-1.12	-1.20	-1.45	-1.60
	8.			-0.54	-0.62	-0.75	-0.85	-0.92	-1.15	-1.29
	10.			-0.29	-0.37	-0.49	-0.57	-0.64	-0.86	-0.98
	12.			-0.04	-0.11	-0.22	-0.29	-0.36	-0.55	-0.66
	14.			0.21	0.15	0.06	-0.01	-0.07	-0.24	-0.34
	16.			0.47	0.41	0.33	0.27	0.22	0.07	-0.02
	18.			0.73	0.68	0.60	0.55	0.51	0.38	0.30
20.			0.98	0.94	0.88	0.84	0.80	0.69	0.62	
1.25	-4.			-1.46	-1.56	-1.72	-1.85	-1.91	-2.17	-2.32
	0.			-1.05	-1.14	-1.27	-1.37	-1.44	-1.67	-1.80
	4.			-0.62	-0.70	-0.81	-0.90	-0.96	-1.16	-1.27
	8.			-0.19	-0.26	-0.35	-0.42	-0.48	-0.64	-0.74
	12.			0.25	0.20	0.12	0.06	0.02	-0.12	-0.20
	16.			0.70	0.66	0.60	0.55	0.52	0.41	0.35
	20.			1.16	1.13	1.08	1.05	1.02	0.94	0.90
24.			1.65	1.63	1.60	1.57	1.56	1.51	1.48	
1.50	-8.			-1.44	-1.53	-1.67	-1.76	-1.83	-2.05	-2.17
	-4.			-1.07	-1.15	-1.27	-1.35	-1.42	-1.61	-1.72
	0.			-0.70	-0.77	-0.87	-0.94	-1.00	-1.17	-1.27
	4.			-0.31	-0.37	-0.46	-0.53	-0.57	-0.72	-0.80
	8.			0.07	0.02	-0.05	-0.10	-0.14	-0.27	-0.34
	12.			0.47	0.43	0.37	0.33	0.29	0.19	0.14
	16.			0.88	0.85	0.80	0.77	0.74	0.66	0.62
20.			1.29	1.27	1.24	1.21	1.19	1.13	1.10	

Nivel de actividad 270 Kcal/h.

Vestido clo	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)									
		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50	
0	14.				-1,02	-2,49					
	16.				-1,36	-1,87					
	18.				-0,80	-1,24					
	20.				-0,24	-0,61					
	22.				0,34	0,04					
	24.				0,93	0,70					
	26.				1,52	1,36					
0,25	12.				-1,19	-1,53	1,80	-2,02			
	14.				-0,77	-1,02	-1,31	-1,51	-2,21		
	16.				-0,35	-0,61	-0,82	-1,00	-1,61	-2,02	
	18.				0,08	-0,15	-0,33	-0,48	-1,01	-1,36	
	20.				0,51	0,32	0,17	0,04	-0,41	-0,71	
	22.				0,96	0,80	0,68	0,57	0,21	-0,03	
	24.				1,41	1,29	1,19	1,11	0,83	0,64	
0,50	10.				-0,78	-1,00	-1,18	-1,35	-1,79	-2,07	
	12.				-0,43	-0,64	-0,79	-0,92	-1,34	-1,60	
	14.				-0,09	-0,27	-0,41	-0,52	-0,90	-1,13	
	16.				0,26	0,10	-0,02	0,12	-0,45	-0,65	
	18.				0,61	0,47	0,37	0,28	0,00	-0,18	
	20.				0,96	0,85	0,76	0,68	0,45	0,30	
	22.				1,33	1,24	1,16	1,10	0,91	0,79	
0,75	6				-0,75	-0,93	-1,07	-1,18	-1,52	-1,72	
	8.				-0,47	-0,64	-0,76	-0,86	-1,18	-1,36	
	10				-0,19	0,34	0,45	0,54	-0,83	-1,00	
	12.				0,10	0,03	-0,14	-0,22	-0,48	-0,63	
	14.				0,39	0,27	0,18	0,11	-0,12	-0,26	
	16.				0,69	0,58	0,50	0,44	0,24	0,12	
	18.				0,98	0,89	0,82	0,77	0,59	0,49	
1,00	-6.				-1,68	-1,88	-2,03	-2,14	-2,50	-2,70	
	-2.				-1,22	-1,39	-1,52	-1,62	-1,94	-2,12	
	2.				-0,74	-0,90	-1,01	-1,10	-1,37	-1,53	
	6.				-0,26	0,39	0,49	0,56	-0,80	-0,93	
	10.				0,22	0,12	0,04	0,02	0,22	-0,33	
	14.				0,73	0,64	0,58	0,53	0,38	0,29	
	18.				1,24	1,18	1,13	1,09	0,97	0,91	
1,25	-8.				1,36	-1,52	-1,64	-1,73	-2,00	-2,15	
	-4.				-0,93	-1,10	-1,20	-1,28	-1,52	-1,65	
	0.				-0,54	-0,66	-0,75	-0,82	-1,03	-1,15	
	4.				-0,12	-0,22	-0,30	-0,36	-0,54	-0,64	
	8.				0,31	0,22	0,16	0,11	-0,04	-0,13	
	12.				0,75	0,68	0,63	0,59	0,47	0,40	
	16.				1,20	1,15	1,11	1,08	0,98	0,93	
1,50	-10.				1,13	-1,26	-1,35	-1,42	-1,64	-1,76	
	-6.				0,76	-0,87	-0,96	-1,02	-1,21	-1,32	
	-2.				-0,39	-0,49	-0,56	-0,62	-0,79	-0,88	
	2.				-0,01	0,10	0,16	-0,21	-0,36	-0,44	
	6.				0,38	0,30	0,25	0,21	0,08	0,01	
	10.				0,76	0,70	0,66	0,62	0,52	0,46	
	14.				1,17	1,12	1,09	1,06	0,98	0,93	
1,50	18.				1,58	1,54	1,52	1,50	1,44	1,40	

Bibliografía

(1) P.O. FANGER Thermal Confort Mc Graw Hill, New York, 1972

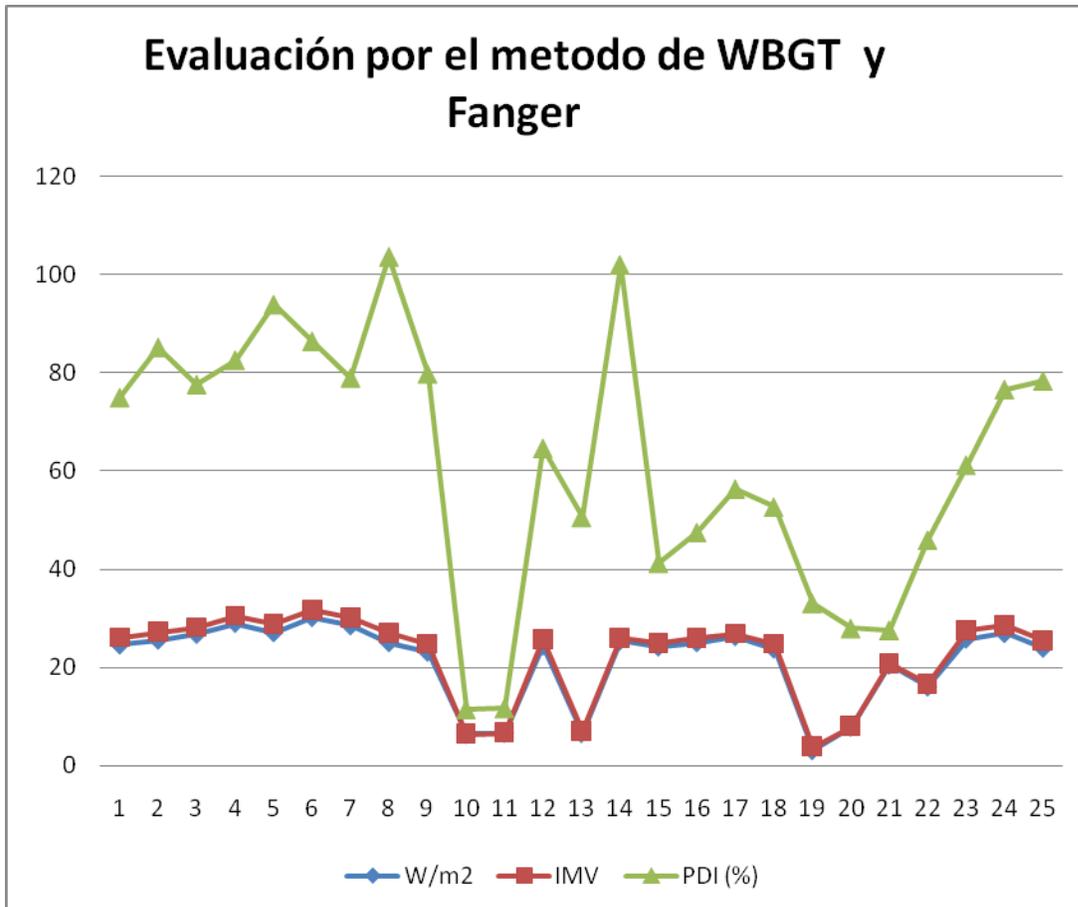
ANEXO 3. Datos medición Ambiente Térmico DIURNO. Fuente: Vásquez, 2008

No.	TIPO	ESTACIÓN BASE CELULAR	W/m2	IMV	PDI (%)	SENSACIÓN
1	OUTDOOR	ATACAMES CENTRO	24,62	1,46	48,89	LIGERAMENTE CALIENTE
2	OUTDOOR	TONSUPA	25,6	1,63	57,95	CALIENTE
3	OUTDOOR	ESMERALDAS CENTRO	26,77	1,47	49,4	CALIENTE
4	OUTDOOR	VICHE	29	1,52	52,08	CALIENTE
5	OUTDOOR	LA UNIÓN	27,12	1,76	65,03	CALIENTE
6	OUTDOOR	LA CONCORDIA	30,18	1,59	54,67	CALIENTE
7	OUTDOOR	LA ABUNDANCIA	28,52	1,58	48,9	CALIENTE
8	OUTDOOR	PUERTO QUITO	25,07	2	76,55	CALIENTE
9	INDOOR	PEDRO VICENTE MALDONADO	23,16	1,65	55,02	LIGERAMENTE CALIENTE
10	OUTDOOR	NANEGALITO	6,43	0,02	5,01	NEUTRO
11	OUTDOOR	VIA MINDO	6,66	0,02	5,01	NEUTRO
12	OUTDOOR	LOS BANCOS	24,42	1,27	38,95	LIGERAMENTE CALIENTE
13	OUTDOOR	CALACALI	6,61	0,43	43,56	LIGERAMENTE CALIENTE
14	INDOOR	POMASQUI	25,43	0,54	76,02	LIGERAMENTE CALIENTE
15	OUTDOOR	EL CARMELO	24,21	0,76	16,3	LIGERAMENTE CALIENTE
16	OUTDOOR	RANCHO SAN FRANCISCO	25,08	0,89	21,54	LIGERAMENTE CALIENTE
17	OUTDOOR	LA MORITA	26,3	0,56	29,5	LIGERAMENTE CALIENTE
18	INDOOR	PIFO	23,8	1,04	27,85	LIGERAMENTE CALIENTE
19	OUTDOOR	PAPALLACTA	3,18	0,61	29,3	LIGERAMENTE CALIENTE
20	INDOOR	TRES CRUCES	7,92	0,084	19,98	LIGERAMENTE CALIENTE
21	OUTDOOR	LUMBAQUI	20,53	0,29	6,78	NEUTRO
22	INDOOR	REVENTADOR	16,09	0,56	29,3	LIGERAMENTE CALIENTE
23	OUTDOOR	LAGO AGRIO	25,8	1,7	33,71	CALIENTE
24	OUTDOOR	JOYA SACHAS	26,94	1,65	48,03	CALIENTE
25	OUTDOOR	SHUSHUFINDI	23,96	1,54	52,88	CALIENTE

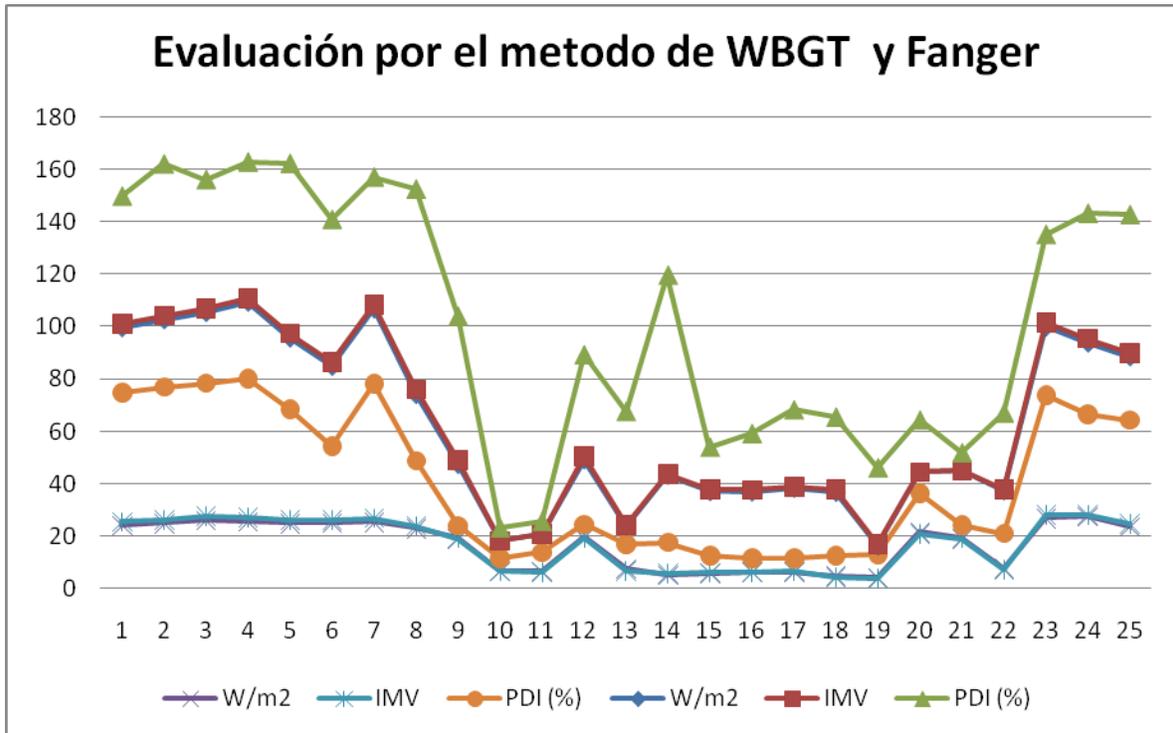
ANEXO 3. Datos medición Ambiente Térmico NOCTURNO. Fuente: Vásquez, 2008

No.	TIPO	ESTACIÓN BASE CELULAR	W/m2	IMV	PDI (%)	SENSACIÓN
1	OUTDOOR	ATACAMES CENTRO	24,1	1,47	49,42	LIGERAMENTE CALIENTE
2	OUTDOOR	TONSUPA	24,8	1,5	50,77	CALIENTE
3	OUTDOOR	ESMERALDAS CENTRO	26,2	1,5	50,95	CALIENTE
4	OUTDOOR	VICHE	25,5	1,55	53,33	CALIENTE
5	OUTDOOR	LA UNIÓN	24,8	1,34	42,39	LIGERAMENTE CALIENTE
6	OUTDOOR	LA CONCORDIA	25,2	1,05	28,39	LIGERAMENTE CALIENTE
7	OUTDOOR	LA ABUNDANCIA	25,35	1,51	51,41	LIGERAMENTE CALIENTE
8	OUTDOOR	PUERTO QUITO	22,9	1,1	25,03	LIGERAMENTE CALIENTE
9	INDOOR	PEDRO VICENTE MALDONADO	19,1	0,05	5,06	NEUTRO
10	OUTDOOR	NANEGALITO	6,6	-0,09	5,18	NEUTRO
11	OUTDOOR	VIA MINDO	6,6	-0,37	7,8	NEUTRO
12	OUTDOOR	LOS BANCOS	19,5	-0,12	5,32	NEUTRO
13	OUTDOOR	CALACALI	7,5	-0,72	10,34	LIGERAMENTE FRIO
14	INDOOR	POMASQUI	5,1	0,58	12,09	LIGERAMENTE FRIO
15	OUTDOOR	EL CARMELO	5,7	0,29	6,79	NEUTRO
16	OUTDOOR	RANCHO SAN FRANCISCO	6,3	0,12	5,3	NEUTRO
17	OUTDOOR	LA MORITA	6,3	0,15	5,48	NEUTRO
18	INDOOR	PIFO	4,8	-0,41	8,49	NEUTRO
19	OUTDOOR	PAPALLACTA	4,2	-0,45	9,31	LIGERAMENTE FRIO
20	INDOOR	TRES CRUCES	21,5	-0,71	15,63	LIGERAMENTE FRIO
21	OUTDOOR	LUMBAQUI	19,1	0,08	5,13	NEUTRO
22	INDOOR	REVENTADOR	7,8	-0,65	14,03	LIGERAMENTE FRIO
23	OUTDOOR	LAGO AGRIO	26,8	1,41	45,88	CALIENTE
24	OUTDOOR	JOYA SACHAS	27,45	0,8	38,56	LIGERAMENTE CALIENTE
25	OUTDOOR	SHUSHUFINDI	23,65	1,23	39,63	CALIENTE

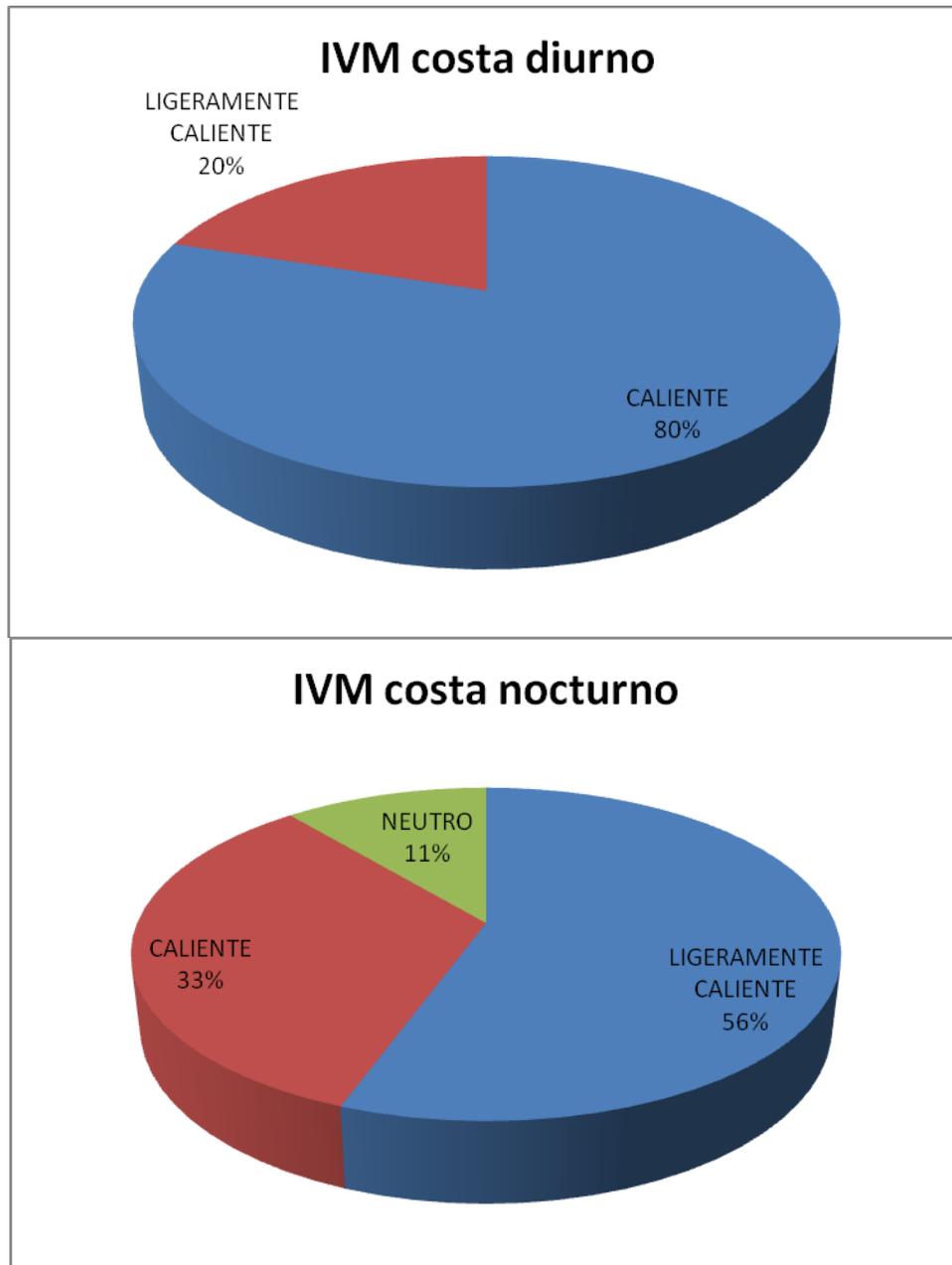
ANEXO 4. Gráfico comparativo de evaluación DIURNA de método WBGT y Fanger.
Fuente: Vásquez, 2008.



ANEXO 4. Gráfico comparativo de evaluación NOCTURNA de método WBGT y Fanger.
Fuente: Vásquez, 2008.

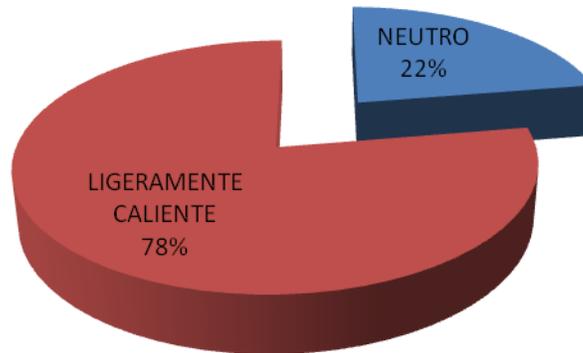


ANEXO 5. IVM evaluado en la costa diurno y nocturno. Fuente: Vásquez, 2008.

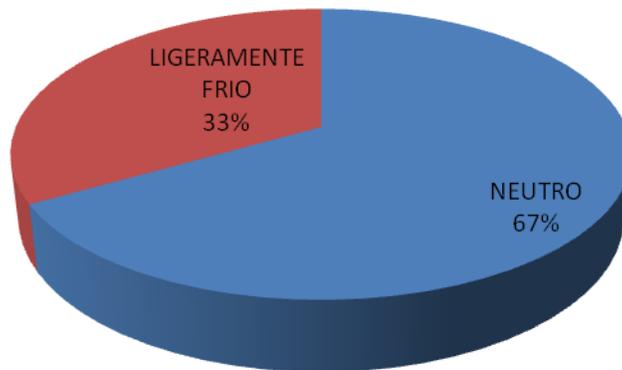


ANEXO 6. IVM evaluado en la sierra diurno y nocturno. Fuente: Vásquez, 2008.

IVM sierra diurno

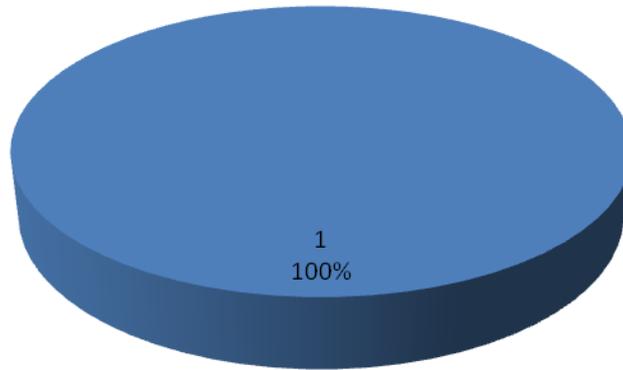


IVM sierra nocturno



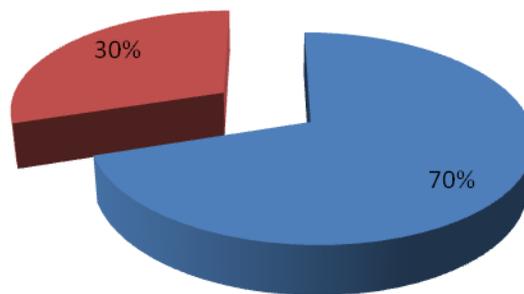
ANEXO 7. IVM evaluado en la amazonía diurno y nocturno. Fuente: Vásquez, 2008.

IVM amazonía diurno



IVM amazonía nocturno

■ CALIENTE ■ LIGERAMENTE CALIENTE



ANEXO 8. Datos de evaluación de iluminación. Fuente: Vásquez, 2008.

No.	TIPO	ESTACIÓN BASE CELULAR	TIPO DE LUMINARIA	ILUMINACIÓN	Valor recomendado (LUX)	Indice iluminación	Criterio de valoración
1	OUTDOOR	NANEGALITO	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	340	300	1,13	ÓPTIMO
2	OUTDOOR	VIA MINDO	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	420	300	1,40	ÓPTIMO
3	OUTDOOR	LOS BANCOS	LAMPARA DE TUGSTENO / HALÓGENAS	48	300	0,16	BAJO
4	OUTDOOR	PEDRO VICENTE MALDONADO	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	260	300	0,87	ÓPTIMO
5	INDOOR (SHELTER)	PUERTO QUITO	LAMPARAS FLOURECENTES	428	300	1,43	ÓPTIMO
6	OUTDOOR	LA ABUNDANCIA	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	230	300	0,77	BAJO
7	OUTDOOR	LA CONCORDIA	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	280	300	0,93	ÓPTIMO
8	N/D	INDEPENDENCIA	N/D	ND	300	ND	ND
9	OUTDOOR	LA UNIÓN	LAMPARA DE TUGSTENO / HALÓGENAS	35	300	0,12	BAJO
10	OUTDOOR	VICHE	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	446	300	1,49	ÓPTIMO
11	OUTDOOR	ESMERALDAS CENTRO	LAMPARA DE TUGSTENO / HALÓGENAS	62	300	0,21	BAJO
12	OUTDOOR	TONSUPA	LAMPARA DE TUGSTENO / HALÓGENAS	58	300	0,19	BAJO
13	OUTDOOR	ATACAMES CENTRO	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	761	300	2,54	DESLUMBRANTE
14	OUTDOOR	CALACALI	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	318	300	1,06	ÓPTIMO
15	INDOOR (SHELTER)	POMASQUI	LAMPARAS FLOURECENTES	368	300	1,23	ÓPTIMO
16	OUTDOOR	EL CARMELO	LAMPARA DE TUGSTENO / HALÓGENAS	76	300	0,25	BAJO
17	OUTDOOR	RANCHO SAN FRANCISCO	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	754	300	2,51	DESLUMBRANTE
18	OUTDOOR	LA MORITA	LAMPARA DE TUGSTENO / HALÓGENAS	387	300	1,29	ÓPTIMO
19	INDOOR (SHELTER)	PIFO	LAMPARAS FLOURECENTES	34	300	0,11	BAJO
20	OUTDOOR	PAPALLACTA	LAMPARA DE TUGSTENO / HALÓGENAS	0	300	0,00	BAJO
21	INDOOR (SHELTER)	TRES CRUCES	LAMPARAS FLOURECENTES	159	300	0,53	BAJO
22	OUTDOOR	LAGO AGRIO	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	84	300	0,28	BAJO
23	OUTDOOR	JOYA DE LOS SACHAS	CUBIERTA METALICA CON LAMPARAS FLUORECENTES	330	300	1,10	ÓPTIMO
24	OUTDOOR	SHUSHUFINDI	NO DISPONE DE LUMINARIA LOCALIZADA	0	300	0,00	BAJO
25	OUTDOOR	LUMBAQUI	LAMPARA DE TUGSTENO / HALÓGENAS	73	300	0,24	BAJO
26	INDOOR (SHELTER)	REVENTADOR	LAMPARAS FLOURECENTES	287	300	0,96	ÓPTIMO
27	OUTDOOR	CUNDIUIJA	N/D	ND	300	ND	ND