

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**Confort térmico en espacios públicos exteriores para actividades deportivas intensas:
el clima cálido seco extremoso.**

Hiram Eduardo Urias Barrera

2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E
INGENIERÍA**



**Confort térmico en espacios públicos exteriores para actividades deportivas intensas:
en clima cálido seco extremoso.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS

presenta

Hiram Eduardo Urias Barrera

Director de tesis:

Dr. Onofre Rafael García Cueto

Co-Director de tesis:

Dr. Gonzalo Bojórquez Morales

Mexicali, Baja California a junio del 2019

“Muchos no han hecho más que interpretar de diversos modos el mundo, pero de lo que se trata es de transformarlo”

Karl Marx

Filósofo Alemán

A mi familia, mis padres Gilberto Urias Méndez y Guadalupe Barrera Pérez,
mi hermana Marcela Urias Barrera, que siempre me han apoyado
incondicionalmente en la búsqueda del éxito y la superación,
por creer en mí, por estar siempre a mi lado alentándome a seguir.

A mi pareja, Gabriela Zamora Martínez, por ser cada día
un pilar más de mi vida, por su amor, comprensión,
paciencia, por estar siempre constante, siempre fuerte,
por estar siempre a mi lado, por ser mi futuro,
por ser como es.

A Cecilia Méndez Montaña †, mi abuela por todo
su cariño, amor, por mostrarme con su ejemplo
que nunca se debe perder el suelo en el camino
al tener siempre el valor de la humildad.

A mis abuelos, Alfonso Urias Celaya †, Miguel Barrera Castillo†, Aurora Pérez Núñez†,
por todo lo que aprendí de ellos.

AGRADECIMIENTOS

A mis directores de tesis Dr. Rafael García Cueto y el Dr. Gonzalo Bojórquez Morales, Investigadores de la Universidad Autónoma de Baja California. Por compartir sus conocimientos, consejos y el tiempo dedicado a mi orientación en el desarrollo del trabajo, para mejorar y crecer.

A mis asesores externos, Dr. Leonardo Marques Monteiro Investigador de la Universidad de Sao Paulo. Por sus consejos, aportaciones y apoyo en la realización del trabajo doctoral y por la excelente orientación proporcionada en la estancia de investigación realizada en la FAUUSP; **Al Dr. Luís Gabriel Gómez Azpeitia,** por su valiosa aportación, recomendaciones y tiempo dedicado a mejorar el trabajo realizado en esta investigación.

A la Dra. Denise Helena Duarte, coordinadora del Laboratorio de Confort Ambiental y Eficiencia Energética de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, de la Universidad de Sao Paulo, por el apoyo brindado y el recibimiento dado al realizar la estancia de investigación en sus instalaciones.

A mis amigos y profesores, Dra. Ramona Alicia Romero Investigador de la Universidad Autónoma de Baja California y Dr. Aníbal Luna León Investigador de la Universidad Autónoma de Baja California, Dr. Pavel Ruíz, profesor investigador por la Universidad Autónoma de Chiapas. Por su valioso apoyo, sus consejos y observaciones, por compartir sus conocimientos para realizar este trabajo.

Al Mtro. Iván Caldera, profesor de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, por su valiosa contribución en el desarrollo del trabajo en campo, por facilitar y exhortar a alumnos en el apoyo para la recolección de observaciones.

A los alumnos que apoyaron en la fase operativa de la investigación, Marijose Manriquez, Michelle Flores, Mariana Esquivel, Lesly Ramos, Alexandra Reyes, Jessica Ramírez, Jaziel Esparza, Cristina N., Kevin N, Jackeline N., André, Mauricio, Kassandra Felix, Sergio Figueroa, Gabriela Zamora.

A todos los Maestros que intervinieron en mi formación. Por los conocimientos impartidos en clase, por sus acertados comentarios y observaciones.

A mis amigos y hermanos, Julio Cesar Espinoza Montoya, Gonzalo Bojórquez Morales. Por su apoyo amistad y consejos durante mi formación doctoral.

A mi familia. A todos ellos, gracias.

A amigos de siempre. Gracias.

Al Instituto de Ingeniería, la Facultad de Arquitectura y Diseño, la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Deportes, de la Universidad Autónoma de Baja California campus Mexicali. Por aceptarme como estudiante y por permitirme utilizar sus instalaciones y equipo para la investigación, gracias.

A la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Sao Paulo, por permitirme desarrollar una estancia de investigación en su laboratorio de confort térmico, lo cual reforzó la investigación desarrollada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de doctorado y por el apoyo recibido para realizar la estancia de investigación.

RESUMEN

En los últimos años se han agravado los casos de golpe de calor, afectaciones a la salud por padecimientos relacionados a fenómenos meteorológicos extremos en la población que realiza actividades físicas en espacios abiertos; Por tal motivo existe un interés de los investigadores en determinar la relación de los procesos psicofisiológicos y la adaptación de los sujetos en climas cálidos secos extremos, y establecer si existen rangos de confort que sobrepasan los límites de riesgo a la salud. El propósito de ese estudio fue determinar el efecto de las variables meteorológicas en el confort térmico de los habitantes que realizan deportes en áreas exteriores. Se realizó un estudio de tipo transversal con base en el enfoque de adaptación, se realizaron encuestas para recolectar datos en cuatro temporadas de sensación térmica, y se procesaron estadísticamente para generar modelos univariados y multivariados y valores meteorológicos neutrales. Se obtuvieron 24 ecuaciones a partir de la TBS, TGG, HR, VV, RS, TrM y tres donde se conjugan TBS, HR, VV y TrM; los resultados demostraron que existen rangos de confort que sobrepasan los límites de resistencia, pero que los sujetos toleran por estar adaptados al bioclima en el que se desenvuelven; lo anterior puede impulsar normas y recomendaciones para el sector salud, protección civil, planeación urbana, además el desarrollo de índices de confort que alerten a la sociedad de los efectos adversos del clima, sobre los habitantes que desarrollan actividad deportiva intensa en los espacios públicos exteriores.

ABSTRACT

The increasing cases of heat stroke and damages to the health conditions related to extreme weather events in the population who sports activities in open spaces has aggravated in recent years. therefore, there is an interest of researchers in determining the relationship of psychophysiological processes and the adaptation of subjects in extreme dry hot climates, and establish whether there are comfort ranges that exceed the limits of risk to health. The present research was aimed to establish the effect of the meteorological variables on the thermal comfort of the inhabitants who perform sports in outdoor areas. A cross-sectional study was developed based on the adaptation approach, surveys were carried out to collect data on people who carried out intense sports activities in four seasons of thermal sensation, the data emitted were processed statistically to the elaboration and obtaining of univariate and multivariate models, neutral meteorological values and prediction of perceived thermal sensation. Thus, twenty-four equations were obtained from the separate study of DBT, grey GT, RH, WS, SR, MRT and three equations where they conjugating DBT, RH, WS and MRT. Therefore, the results showed that there are comfort ranges that exceed the limits of the resistance, but that the subjects tolerate because they are adapted to the bioclimate in which they operate. The above can promote norms and recommendations that can be used by the health sector, civil protection, urban planning, as well as the development of comfort indexes that alert society to the adverse effects of climate on the people of cities who develop intense sports activity in outdoor public spaces.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I.-PLANTEAMIENTO.....	17
1.1.- Planteamiento del problema	17
1.2.- Justificación.....	21
1.3.- Pregunta de investigación	25
1.4.- Hipótesis.....	25
1.5.- Objetivos	25
1.6.- Alcances y limitaciones	26
1.7.- Antecedentes	28
1.7.1.- Bioclima.....	28
1.7.2.- Confort térmico y bioclima.....	30
1.7.3.- Deporte y espacios públicos exteriores	31
1.7.4.- Estado de la cuestión	33
1.7.5.-Casos análogos.....	42
1.7.6.- Caso de estudio: Mexicali, Baja California.	57
CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO	62
2.1.- Espacios públicos exteriores	62
2.1.1- Tipología.....	64
2.1.2- Confort térmico en espacios exteriores	66
2.2.- Deporte y salud.....	67
2.2.1.- Normatividad de la actividad física.....	70
2.3.- Fisiología y confort térmico	72
2.3.1.- Factores internos de sensación térmica	73
2.3.2.- Factores externos de la sensación térmica	94
2.4.- Confort térmico: enfoques y modelos.....	101
2.4.1.- Enfoque de predicción.....	103
2.4.2.- Enfoque de adaptación	107
2.4.3.- Ventajas y desventajas de los enfoques de estudio	112
2.4.4.- Modelos de adaptación y predicción	113
2.4.5.- Estudios correlacionales.	114
2.5.- Instrumentación	116
2.5.1.- Magnitudes de medición.....	117
2.4.2.- Instrumentos para mediciones meteorológicas.	118
2.4.3.- Cuestionarios.....	121

2.6.- MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE EVALUACIÓN EN ESTUDIOS DE CONFORT TÉRMICO.....	123
2.6.1.- Regresión lineal (univariados o multivariados)	123
2.6.2.- Análisis Probit.....	125
2.6.3.- Estadísticos para climas asimétricos y muestras dispersas.....	127
2.6.4.- Método de Sensación térmica diaria (MSTD)	130
2.6.5.- Métodos de Intervalos de Sensación Térmica Diaria (MISTD)	131
CAPÍTULO III.- MATERIALES Y MÉTODOS	133
3.1.- Características de la investigación.....	135
3.1.1.- Enfoques de estudio.....	135
3.1.2.- Diseño de la investigación	136
3.2.- Calculo de periodos de análisis y muestra	139
3.2.1. Temporadas de sensación térmica	139
3.1.2.- Características de la población.....	141
3.2.3.- Diseño de muestra	143
3.1.3.- Casos de aplicación	145
3.3.- Instrumentos de recolección de datos	153
3.3.1.- Variables e instrumentación meteorológica.....	153
3.3.2.- Diseño de cuestionario.....	173
3.3.3.- Trabajo de campo y aplicación de encuesta.....	180
3.3.4.- Captura de datos.....	186
3.4.- Análisis de datos.....	189
3.3.1.- Método de Intervalos de Sensación Térmica.	189
3.3.2.- Método mixto MIST.....	192
3.3.3.- Método de Retroalimentación por Discriminación de Residuales (RDR).	194
3.3.4.- Determinación del efecto en la sensación térmica por magnitud de variable meteorológica.....	197
CAPÍTULO IV.- RESULTADOS	199
4.1.- Temporada fría diciembre-febrero 2017/2018	199
4.1.1.- Sensación térmica por Temperatura de Bulbo Seco.....	200
4.1.2.- Sensación térmica por efecto de la Humedad Relativa	202
4.1.3.- Sensación térmica por efecto de la Velocidad de Viento	204
4.1.4.- Sensación térmica por Temperatura de Globo Gris	206
4.1.5.- Sensación térmica por efecto de la Radiación Solar	209
4.1.6.- Sensación térmica por Temperatura Radiante Media.....	210

4.2.- Temporadas de transición marzo-abril 2017/octubre-noviembre 2017	212
4.2.1.- Sensación térmica por Temperatura de Bulbo Seco.....	213
4.2.2.- Sensación térmica por efecto de la Humedad Relativa	217
4.2.3.- Sensación térmica por efecto de la Velocidad de Viento	221
4.2.4.- Sensación térmica por Temperatura de Globo Gris	224
4.2.5.- Sensación térmica por efecto de la Radiación Solar	228
4.2.6.- Sensación térmica por Temperatura Radiante Media.....	232
4.3.- TEMPORADA CÁLIDA MAYO-SEPTIEMBRE 2017.....	236
4.3.1.- Sensación térmica por Temperatura de Bulbo Seco.....	237
4.3.2.- Sensación térmica por efecto de la Humedad Relativa	239
4.3.3.- Sensación térmica por efecto de la Velocidad de Viento	241
4.3.4.- Sensación térmica por Temperatura de Globo Gris	243
4.3.5.- Sensación térmica por Radiación Solar	244
4.3.6.- Sensación térmica por Temperatura Radiante Media.....	246
4.4.- ESTUDIO COMPARATIVO Y AFECTACIÓN POR MAGNITUD DE VARIABLE METEOROLÓGICA Y VALORES AMBIENTALES CALCUADOS.....	249
4.4.1.- Efecto en la sensación térmica por magnitud de variable meteorológica	259
4.5.- MODELOS DE CONFORT MULTIVARIADOS.....	260
4.5.1.- Modelo multivariado para temporada de sensación térmica fría	261
4.5.2.- Modelo multivariado para temporadas de transición	263
4.5.3.- Modelo multivariado para temporada cálida	265
4.5.4.-Estudio comparativo de modelos multivariados	266
CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES	268
ANEXOS	277
ANEXO A: MODELOS DE PREDICCIÓN Y ADAPTACIÓN.....	278
ANEXO B: DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO	294
ANEXO C: TABLAS PARA PONDERACIÓN CUANTITATIVA DE SITIOS	310
ANEXO D: CUESTIONARIOS ANÁLOGOS	322
ANEXO F: MANUAL DE ENCUESTA.....	333
ANEXO G: CRITERIOS DE AISLAMIENTO POR ROPA E ÍNDICE DE MASA CORPORAL.....	360
ANEXO H: SENSACIÓN TÉRMICA POR EFECTO DE FACTORES FISIOLÓGICAS ..	363
BIBLIOGRAFÍA.....	370

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Temperatura de la piel por balance térmico (STE)	52
Tabla 2.- Nivel de actividad y energía requerida en W/m ²	70
Tabla 3.- Niveles de actividad a partir de la tasa metabólica bajo la norma ISO 8996.....	71
Tabla 4.- Porcentaje de consumo de oxígeno en actividades deportivas	88
Tabla 5.- Variables que intervienen en la adaptación humana.	98
Tabla 6.- Ventajas y desventajas del enfoque de predicción	112
Tabla 7.- Ventajas y desventajas del enfoque de adaptación.....	113
Tabla 8.- Requisitos para instrumentos de acuerdo con la norma internacional ISO 7726: 1998	119
Tabla 9.- Protocolos para la percepción subjetiva del ambiente térmico.	122
Tabla 10.- Características para el diseño de investigación.	136
Tabla 11.- Características de los tipos de diseño de investigación.	137
Tabla 12.- Comparativo de sensación térmica anual para Mexicali.	141
Tabla 13.- Estructura de edad de la población de Mexicali.....	142
Tabla 14.- Grupo de criterios para el análisis preliminar para la selección de sitio.	146
Tabla 15.- Parámetros para el análisis de espacios públicos*	147
Tabla 16.- Análisis descriptivo de los sitios propuestos para realización de caso de aplicación.	150
Tabla 17.- Resultados de la ponderación para la selección de sitio parámetros de Bentley.	151
Tabla 18.- Resultado de ponderación para la selección de sitio de criterios particulares. .	151
Tabla 19.- Resultados de la ponderación con los parámetros particulares y los de Bentley	152
Tabla 20.- Características y especificaciones del monitor de estrés térmico	160
Tabla 21.- Tipos de mediciones y precisión del anemómetro.	161
Tabla 22.- Características y especificaciones del monitor de anemómetro.....	161
Tabla 23.- Características de operación del sonómetro.....	162
Tabla 24.- Tipos de medición y precisión de las mediciones del luxómetro.....	163
Tabla 25.- Características de operación del Luxómetro.....	164
Tabla 26.- Características de operación del Radiómetro de energía solar	165
Tabla 27.- Especificaciones de termómetro infrarrojo de oído.....	167
Tabla 28.- Especificaciones del termómetro infrarrojo para piel.....	169
Tabla 29.- Especificaciones del monitor de presión sanguínea.	171
Tabla 30.- Consideración y especificaciones en el diseño del cuestionario.	174
Tabla 31.- Equió necesario para aplicación de encuestas.....	184
Tabla 32.- Valores climáticos extremos obtenidos en la temporada fría 22 de enero de 2018 a 16 de febrero de 2018.	199
Tabla 33.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de bulbo seco en temporada fría.....	200
Tabla 34.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis humedad relativa en temporada fría.	203

Tabla 35.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de velocidad de viento en temporada fría.	205
Tabla 36.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de globo gris en temporada fría.	207
Tabla 37.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de radiación solar en temporada fría.	209
Tabla 38.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura radiante media en temporada fría.	211
Tabla 39.- Valores climáticos extremos obtenidos en las temporadas de transición, 18 de marzo de 2017 a 6 de abril de 2017/6 de noviembre de 2017 a 24 de noviembre de 2017.	213
Tabla 40.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de bulbo seco en temporada de transición 1.....	214
Tabla 41.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de bulbo seco en temporada de transición 2.....	215
Tabla 42.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de humedad relativa en temporada transición 1.	218
Tabla 43.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de humedad relativa en temporada de transición 2.	219
Tabla 44.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de velocidad de viento en temporada de transición 1.	222
Tabla 45.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de velocidad de viento en temporada de transición 2.	222
Tabla 46.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de globo gris en temporada de transición 1.....	225
Tabla 47.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temporada de globo gris en temporada de transición 2.....	225
Tabla 48.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de radiación solar en temporada de transición 1.....	229
Tabla 49.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de radiación solar en temporada de transición 2.....	230
Tabla 50.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura radiante media en temporada de transición 1.	233
Tabla 51.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura radiante media en temporada de transición 2.	234
Tabla 52.- Valores climáticos extremos obtenidos en la temporada cálida, 6 de agosto de 2017 a 26 de agosto de 2017.....	237
Tabla 53.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de bulbo seco en temporada cálida.	237
Tabla 54.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de humedad relativa en temporada cálida.	239

Tabla 55.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de velocidad de viento en temporada cálida.	242
Tabla 56.- Porcentaje de voto de sensación térmica para análisis de temperatura de globo gris en temporada cálida.	243
Tabla 57.- Porcentaje de votos de sensación térmica para el análisis de radiación solar en temporada cálida.	245
Tabla 58.- Porcentaje de voto de sensación térmica para el análisis de temperatura mediar radiante en periodo cálido.....	246
Tabla 59.- Tabla comparativa de los rangos de confort de las variables analizadas en las cuatro temporadas.	249
Tabla 60.- Comparativa de parámetros de las regresiones para cada variable meteorológica y temporada analizada.	260
Tabla 61.- Análisis de correlación de las variables meteorológicas y la sensación térmica	261
Tabla 62.- Resultados del análisis multivariado y parámetros de la regresión para el periodo frío.	261
Tabla 63.- Resultados del análisis multivariado y parámetros de la regresión para los periodos de transición.....	263
Tabla 64.- Resultados del análisis multivariado, y parámetros de la regresión para el periodo cálido.....	265
Tabla 65.- Comparativo de los modelos multivariados en las diferentes temporadas de sensación térmica.	267

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Localización geográfica y global de Mexicali.	57
Figura 2.- Comportamiento de la temperatura de bulbo seco anual de la ciudad de Mexicali.	59
Figura 3.- Comportamiento anual de la humedad relativa en la ciudad de Mexicali.....	60
Figura 4.- Comportamiento anual de la dirección del viento en Mexicali.	60
Figura 5.- Comportamiento anual de la radiación solar en la ciudad de Mexicali	61
Figura 6.- Plaza Navona, Roma, Italia.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7.- Parque de los Venados, Ciudad de México.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8.- Proceso de la Sensación Térmica Percibida.	73
Figura 9.- Factores internos que intervienen en la sensación térmica percibida	74
Figura 10.- Intercambios de energía entre el cuerpo y el ambiente térmico.....	81
Figura 11.- Diferencias entre los enfoques de estudios de confort térmico.	102
Figura 12.- División general de los estudios de confort según su enfoque.	103
Figura 13.- Modelo conceptual de la percepción térmica bajo el enfoque de predicción. .	105
Figura 14.- Acciones para establecer estados de confort, según el enfoque de adaptación.	111

Figura 15.- Modelo conceptual de estudio correlacional de confort térmico.	115
Figura 16.- Gráfica de análisis Probit para confort térmico.	126
Figura 17.- Relación de la línea de la media geométrica y las dos líneas de regresión	129
Figura 18.- Proceso metodológico para desarrollo de investigación.	135
Figura 19.- Diseño de la investigación	138
Figura 20.- Diferencia entre los tipos de estudios.....	138
Figura 21.- Termopreferendum para el confort de Mexicali.	140
Figura 22.- Estructuración de la población de la ciudad de Mexicali.	142
Figura 23.- Datos de población que realiza actividades deportivas en espacios exteriores a nivel nacional.	143
Figura 24.- Consideraciones para selección de variables e instrumentación.....	153
Figura 25.- Monitor de estrés térmico ExTech HT30	159
Figura 26.- Anemometro ExTech AN10	161
Figura 27.- Sonómetro ExTech modelo 407730.....	162
Figura 28.- Luxómetro ExTech LT40	163
Figura 29.- Radiómetro de energía solar SM-206.....	165
Figura 30.- Montaje de los instrumentos en soporte trípode para estudio en campo.	166
Figura 31.- Termómetro de oído para obtener temperatura interna y termómetro infrarrojo para temperatura de piel.	168
Figura 32.- Monitor de presión arterial y ritmo cardiaco.	170
Figura 33.- Bascula análoga de torsión y flexómetro.....	173
Figura 34.- Consideraciones a tomar en el diseño de cuestionarios.	174
Figura 35.- Estructura y composición del cuestionario de la investigación.	180
Figura 36.- Procedimiento para la aplicación de encuestas.	183
Figura 37.- Trabajo desarrollado en campo para obtención de obseraciones.	186
Figura 38.- Estructura resumen de cuestionario de la investigación.	188
Figura 39.- Método de estimación de medias y rangos de confort térmico, MIST.....	191
Figura 40.- Procedimiento realizado en el metodo mixto MIST.	193
Figura 41.- Método de Retroalimentación por Discriminación de Residuales (RDR)	196
Figura 42.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de bulbo seco para temporada fría.	202
Figura 43.- Análisis de confort térmico por efecto de humedad relativa para temporada fría.	204
Figura 44.- Análisis de confort térmico por efecto de velocidad de viento para temporada fría.	206
Figura 45.- Análisis de confort térmico por efecto de Temperatura de globo gris para temporada fría.	208
Figura 46.- Análisis de confort térmico por efecto de radiación solar para temporada fría.	210
Figura 47.- Análisis de la temperatura radiante media para temporada fría.....	212

Figura 48.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de bulbo seco para periodos de transición.....	217
Figura 49.- Análisis de confort térmico por efecto de humedad relativa para periodos de transición.....	221
Figura 50.- Análisis de confort térmico por efecto de velocidad de viento para periodos de transición.....	224
Figura 51.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de globo gris para periodos de transición.....	228
Figura 52.- Análisis de confort térmico por efecto de radiación solar para periodos de transición.....	232
Figura 53.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura radiante media para periodos de transición.....	236
Figura 54.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de bulbo seco para temporada cálida.	239
Figura 55.- Análisis de confort térmico por efecto de humedad relativa para temporada cálida.....	241
Figura 56.- Análisis de confort térmico por efecto de velocidad de viento para temporada cálida.....	243
Figura 57.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de globo gris para temporada cálida.	244
Figura 58.- Análisis de confort térmico por efecto de radiación solar para temporada cálida.	246
Figura 59.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura media radiante para temporada cálida.	248
Figura 60.- Comportamiento de la temperatura de bulbo seco en las cuatro temporadas de sensación térmica.	251
Figura 61.- Comportamiento de la humedad relativa en los cuatro periodos de sensación térmica.	253
Figura 62.- Comportamiento de la velocidad de viento en los cuatro periodos de sensación térmica.	255
Figura 63.- Comportamiento de la temperatura de globo gris en los cuatro periodos de sensación térmica.	256
Figura 64.- Comportamiento de la radiación solar en los cuatro periodos de sensación térmica.	257
Figura 65.- Comportamiento de la temperatura radiante media en los cuatro periodos de sensación térmica.	259
Figura 66.- Desarrollo de diagnóstico bioclimático.....	307

INTRODUCCIÓN

El espacio público exterior debe de ser el resultado de la respuesta a los factores climáticos adversos, y debe facilitar la adaptación de los sujetos al medio ambiente exterior, puesto que el bioclima de una localidad determina la forma de vida de las personas. Por otro lado, existen elementos urbanos que modifican el microclima del lugar y que pueden generar un aumento o disminución de las condiciones de habitabilidad.

Por todo lo anterior, los individuos que realizan actividades deportivas en espacios públicos exteriores son afectados de diversas maneras por los estímulos de las variables meteorológicas, los cambios drásticos de éstas, que en conjunto con aspectos psicológicos generan un estado de confort o discomfort.

En climas extremos el desarrollo de actividades que impliquen un aumento en la tasa metabólica puede afectar la salud de los individuos que realizan actividades al aire libre (Kysely, 2004); tal es el caso del aumento de casos de hipertermia o hipotermia que se registran en periodos de condiciones climáticas extremas (Tan *et. al.* 2007). Por lo tanto, la influencia de las temperaturas de bulbo seco (más en la temporada cálida) en el confort térmico deberían ser temas prioritarios de todos los gobiernos y las poblaciones.

Según Díaz, Castro y Aranda, (2013) en México durante el período 2002-2010, murieron 393 personas por calor natural excesivo (calor interno generado por la tasa metabólica). De éstas, la mayoría se ubicaron en el noroeste del país; el 88.5 % eran hombres, de los cuales tres cuartas partes tenían entre 18 y 65 años. Es por tales motivos, y por el efecto del clima extremo en la salud, que varios países han propuesto el estudio de la relación de morbilidad y mortalidad con los riesgos sanitarios asociados al clima (CICC, 2009).

Según diversos autores, existe una necesidad para el desarrollo de investigaciones sobre la sensación térmica de los usuarios y el confort térmico en espacios exteriores; para esto se tienen ejemplos de este tipo de estudios como lo son los juegos olímpicos de Sidney 2000, la feria mundial de Sevilla 1993, proyectos como Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (Nikolopoulou, 2004), los cuales aportaron información primordial para el posterior avance del (Pickup y de Dear, 2000).

Por otro lado, las investigaciones sobre los efectos de las variables meteorológicas en el ser humano ha tomado importancia ante la alteración de las condiciones climáticas (Bojórquez, 2010); lo anterior causa disminución del uso y ocupación de los espacios recreativos o deportivos, además de trastornos en la salud provocada por la nula aclimatación que es resultado de la generalización del aire acondicionado como dispositivo de climatización artificial con lo que se reduce su capacidad natural de adaptación de los sujetos (Höppe, 2002).

El objetivo de este trabajo fue el desarrollo de modelos e índices de una o varias variables para la predicción de la sensación térmica, que puedan ser utilizados en ciencias meteorológicas, sector salud, sector público y disciplinas como Arquitectura y Urbanismo para la generación de normativas, recomendaciones y programas de adecuación de las áreas donde se realizan prácticas deportivas.

Es necesario mencionar estudios que se han realizado para el análisis de la sensación térmica; El estudio de Humphreys marcó la pauta en las investigaciones sobre el enfoque de adaptación de confort térmico, fue publicado en 1975, fue una recopilación de datos de África, América, Asia, Australia y Europa, con climas cálidos seco, cálido húmedo, templado, mediterráneo y frío, y cuyo resultado fue el desarrollo de modelos de confort.

Auliciems en 1981 hizo una revisión sobre 52 estudios de confort térmico por el método de correlación. Las bases de datos fueron recabadas en Melbourne, Sydney, Adelaide, Brisbane, Perth, Armidale, Darwin, Weipa, Pt Moresby, Honiara, Singapore, Nueva Delhi, Calcuta, Bagdad, Río de Janeiro, Toronto, New York, Mineapolis, Portland, Suecia, Zúrich, Londres y Glastown; utilizó instrumentos como cuestionarios basados en la norma 10551 y ANSI-ASHRAE 55, utilizó instrumentación de recolección de datos, como resultado de este análisis se desarrollaron modelos de confort para actividades pasivas y moderadas.

En México se realizaron proyectos que han estudiado la sensación térmica de los usuarios, entre estos se encuentra el de la Comisión Nacional de Vivienda de México (CONAVI) la cual financió un proyecto sobre confort térmico para la vivienda de interés social. El estudio se desarrolló en Colima, Culiacán, Hermosillo, La Paz, Mérida, Mexicali y Veracruz. Los climas que se analizaron fueron cálido húmedo, cálido subhúmedo y cálido

seco. Los edificios donde se aplicó la encuesta fueron casas de bajo costo clasificada por CONAVI como tipo económico, algunas de ellas con aire acondicionado y otras ventiladas naturalmente; como resultado se obtuvieron modelos por cada ciudad.

Aunque la investigación no está encaminada a espacios exteriores, fue base de partida en cuanto a la sustentación teórica y metodológica; en Mexicali, se realizó un estudio dirigido por Bojórquez (2010), donde se analizó la sensación térmica de los usuarios de los espacios públicos exteriores en actividad pasiva; resultado de esto se obtuvieron modelos de confort por cada variable que intervienen en el confort térmico, y en las cuatro temporadas de sensación térmica.

En la presente investigación, primeramente, se realizó un análisis de casos similares para establecer las bases de partida en su desarrollo y los alcances de la misma; por otro lado, fue necesario caracterizar el tipo de estudio que se realizaría y para la obtención de resultados adecuados que explicaran el fenómeno estudiado.

Por tal motivo se hicieron comparativas entre tipos de investigaciones (experimentales o cuasi- experimentales), enfoques de estudio establecidos como el de predicción y el de adaptación, características de la localidad y la población, determinación de criterios de selección para instrumentos y métodos para el análisis de los datos.

Lo anterior confluyó en la obtención de dos tipos de modelos de confort térmico, los univariados donde se analizaron las variables meteorológicas y valores ambientales calculados con la sensación térmica (ST) individualmente y los multivariados, que en ellos contenían una selección de parámetros que fueron incluidas mediante un estudio de correlación con la ST.

Este trabajo se estructuró en cinco capítulos principales, además de los anexos y bibliografía; el primero se planteó la problemática, justificación, preguntas de investigación, hipótesis, metas, alcances y limitaciones, además de antecedentes de este tipo de investigaciones; el marco teórico y toda la temática referente al confort, actividades deportivas, termorregulación y normatividad se encuentra en el capítulo segundo.

Mientras que el capítulo tercero se refiere a los métodos y materiales que se utilizaron para lograr los objetivos, estudios de bioclima, conceptualización de los enfoques de estudio, y la descripción de los métodos de análisis de datos; por otro lado, el capítulo cuarto son los resultados divididos por periodo de sensación térmica tanto en los modelos univariados como multivariados; para finalizar se tienen las conclusiones y recomendaciones del trabajo, al culminar con los anexos y la bibliografía utilizada.

Con este trabajo se pretende establecer una pauta para el desarrollo de otros tipos de estudios similares, y conformar índices de confort que ayuden a generar sistemas de alerta que ayuden a prevenir las afectaciones a la salud de los individuos que realizan actividades deportivas o con tasa metabólica similar (actividades intensas) en espacios exteriores, así como también en futuras investigaciones sobre el impacto del clima urbano y cambio climático en la salud y normativas de regulación urbana.

CAPÍTULO I.-PLANTEAMIENTO

El planteamiento establece de forma clara un problema que permita identificar la validez de la investigación, además tiene la justificación que señala la importancia del tema. Se establece en el mismo, las preguntas de investigación, hipótesis, objetivos, metas, alcances y limitaciones que tiene el estudio desarrollado.

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El calentamiento global podría crear importantes problemas de salud (Kalkstein, 1993). Diversos autores sugieren que las olas de calor, más frecuentes en las últimas décadas, pueden provocar insolación e incluso la muerte en los habitantes de las zonas urbanas (Tan *et. al.* 2007). Por lo tanto, la influencia de las temperaturas extremas en el confort térmico son temas prioritarios actualmente.

Según datos analizados de 1956 a 2004 se encontró que durante el periodo de 1991- 2006 se tuvieron 2,5 veces más episodios cálidos que en la década de 1971-1980, los escenarios futuros indican que para el periodo de 2010-2039 las afectaciones por el aumento de las temperaturas se incrementarán 2,7 veces y para 2070- 2099 el incremento será de 6,9 veces (Greenpeace, 2009).

Tales efectos se ven reflejadas en el aumento de las ondas cálidas en la región de Mexicali (Jaramillo, López y Rodríguez, 2011) las cuales son periodos del tiempo inusualmente calientes que perturban el microclima de las ciudades, que crean condiciones adversas que afectan directamente a la salud de los habitantes (Kysely, 2004).

La situación se ve agravada por uso de suelo destinados a infraestructura y vialidades que son el 14,06% mientras que áreas verdes solo es del 7,32% y para la conservación de suelo es un 0,78%, según el Plan de Desarrollo Urbano Centro de Población (2012) desarrollado por el Instituto Municipal de investigación y Planeación (IMIP), lo que provoca un aumento de la isla urbana de calor (IUC) y la modificación de las temperaturas de la ciudad, que se refleja en el deterioro de las condiciones microclimáticas de los espacios exteriores donde

se realizan diversas actividades socioculturales y en la calidad de vida de los habitantes, lo que se refleja en el aumento de estrés y tensión térmica de los mismos.

De Terán (1982) menciona que la ciudad representa una forma radical de transformación del paisaje natural y su impacto no se limita a cambiar la morfología del terreno, construcciones, otro plano y disposición del territorio, ni tampoco la aglomeración humana o mecánica; sino que modifica las mismas condiciones climáticas y ambientales, al elevar la temperatura y afectar al régimen de precipitaciones y de vientos, lo que afecta el confort térmico y su percepción.

Lo anterior, se observa en el aumento de los casos de golpe de calor o hipertermia, que es una condición que puede llegar a ser fatal y afecta a personas expuestas a temperaturas ambientales extremas (Jaramillo, López y Rodríguez, 2011). El número de casos de mortalidad a causa del golpe de calor, comenzaron a ascender desde el año 2000 (García-Cueto et al., 2009), al registrarse entre los años 2006 y 2010, alrededor de 77 pacientes, de los cuales fallecieron 24, lo que es un 34% de los mismos (Jaramillo, López y Rodríguez, 2011). Las poblaciones vulnerables, como personas enfermas, jóvenes, infantes y ancianos, tienen la mayor tasa de mortalidad y el riesgo de golpes de calor durante el desarrollo de actividades deportivas o intensas en temperaturas extremas (Vanos et. al., 2010).

Por lo tanto, la perturbación por el cambio de las condiciones climáticas urbanas, tales como el aumento de la incidencia de ondas cálidas, así como la modificación de las temperaturas y las islas de calor, alteran el estado de confort térmico de los habitantes que desarrollan actividades deportivas intensas.

El confort térmico es un término ambiguo. Los autores coinciden en que hace referencia a una situación de comodidad térmica, pero esencialmente esa amplitud de la definición dificulta su precisión científica (Tornero, Pérez y Gómez, 2006). Conviene entender que el término expresa un estado de satisfacción tanto psicológico como fisiológico con el ambiente térmico, sin excluir otros tipos de confort y otras circunstancias de satisfacción material (Nikolopoulou, 2004). Ese estado es consecuencia de un equilibrio entre las condiciones psicofisiológicas y las ambientales en los individuos.

Dentro de las fuentes que han definido el confort térmico las más destacables están las normas ISO 7730 (2005), la ASHRAE-55 (2010), autores tales como Fanger (1972), Parson (2003), Nikolopoulou (2004), y otras definiciones desarrolladas por la Organización Mundial de la Salud (2010).

En consecuencia, es necesario comprender el confort térmico y los procesos de su percepción, sobre todo en condiciones de actividad deportiva en los espacios públicos exteriores. Estos estudios implican situaciones que no se presentan en aquellos que se llevan a cabo para espacios interiores, pues en los primeros las personas tienen variables meteorológicas que se modifican continuamente como son la temperatura de bulbo seco, radiación solar, humedad relativa y velocidad de viento (Bojórquez, 2010); en este caso la adaptación psicofisiológica varía de un espacio exterior a uno interior ya que las condiciones de confort se ven afectados por los cambios de la temperatura en la ciudad durante transcurso del día.

Los investigadores han señalado que temperatura de bulbo seco, radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa, arropamiento y actividad metabólica son los seis factores conocidos que influyen en el confort térmico de los usuarios de los espacios públicos exteriores (Thorsson, Honjo, Lindberg, 2007); donde además intervienen expectativa, experiencia, tolerancia térmica y tiempo de exposición como aspectos de la adaptación psicológica del individuo (Gomez-Azpéitia, 2006).

Por lo tanto, la sensación térmica es consecuencia no sólo de la temperatura ambiente, sino también de la temperatura interna del cuerpo y la capacidad del cuerpo para regularla, donde interviene los efectos del enfriamiento por convección y evapotranspiración, que modifican el proceso térmico, donde además toman parte los aspectos de adaptación térmica de los habitantes (Eliasson, Knez, Westerberg, 2007).

Según Mondelo (2013), la producción de calor en los individuos que realizan actividad deportiva intensa puede estar entre los 900 W hasta 2000 W; con lo que la percepción térmica sería diferente a la de las otras personas. Además, se menciona que en ambientes cálidos hay más riesgos a la salud, pues es más fácil protegerse del frío.

Por otro lado, se define a los espacios públicos exteriores como aquellos que se crean al delimitar el medio circundante, que generan un entorno exterior fabricado, con un fin específico. En un espacio exterior se da la presencia de árboles, agua, piedras, senderos, así como materiales constructivos que soporten el efecto de la intemperie. Éstos no son cubiertos y se encuentran definidos de manera tangible por dos planos únicamente: pisos y muros (Ashihara, 1982).

De tal manera que todo sector o sitio de una ciudad que no tenga una cubierta formará parte del conjunto de vacíos denominados espacios exteriores, como pueden ser: cuerpos de agua, plazas, parques, centros recreativos, calles o incluso el jardín de una casa habitación (Bojórquez, 2010). Los espacios públicos exteriores son lugares de convivencia e interacción social (Shejtnan, 2004). Además, son ejes articuladores de las ciudades, sus servicios desempeñan funciones sociales, institucionales, ambientales, de movilidad y recreación (Borja y Muxi, 2007).

La investigación se enfocará en aquellos espacios públicos exteriores con características particulares: en los que se realicen actividades deportivas; donde las tasas metabólicas sean intensas y que exista una diferencia en las características espaciales, en el sexo de los individuos, edades, comportamientos y horarios de uso.

Por otro lado, las personas que utilizan los espacios públicos exteriores para realizar actividades deportivas en la ciudad de Mexicali son propensas a sufrir estrés y tensión térmica, lo que implica que están expuestos a afectaciones fisiológicas; dentro de éstas se incluyen, pero no se limitan, fatiga, dolores de cabeza, náuseas, confusión, calambres, y la reducción de la capacidad cognitiva y motriz (Vanos, Wallrad, Gillespie, Kenny, 2010); los cuales son síntomas primordiales de insolación y golpe de calor o la hipertermia, hipotermia o congelamiento.

Es así, que el confort térmico en los espacios públicos exteriores donde se llevan a cabo actividades deportivas intensas se ve afectado por aspectos fisiológicos, psicológicos de los habitantes, además de las modificaciones ambientales consecuencia del aumento en las temperaturas y la isla de calor urbana tiene una influencia clara en los procesos de la percepción térmica.

Todo esto modifica los aspectos psicofisiológicos en los individuos que realizan deportes al aire libre; en consecuencia, el desconocimiento de información y la ausencia de investigaciones relacionadas al confort térmico en espacios exteriores con las características mencionadas, puede resultar en la declinación en su uso, provocado por el deterioro de sus características de habitabilidad, o al desembocar en un aumento en los problemas salud en la población que los utiliza.

1.2.- JUSTIFICACIÓN

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA, 2008) menciona que es posible tener condiciones adecuadas para el desarrollo de las actividades deportivas en los espacios exteriores al emplear estrategias para mejorar el ambiente térmico y recomendaciones sobre riesgos en la salud; con lo que posiblemente se tendrá un aumento en la ocupación de los espacios públicos exteriores.

Las investigaciones en el área del confort térmico en condiciones de actividades deportivas en espacios públicos exteriores son necesarias para proporcionar a los responsables de la toma de decisiones, evidencia del riesgo para la salud en los habitantes que realizan dichas acciones (Revich, Shaposhnikov 2008), y de los impactos perjudiciales que el clima adverso puede ejercer en el rendimiento deportivo, del trabajo y la forma de vida de los habitantes (Brotherhood, 2008).

Los modelos de confort térmico para actividades deportivas intensas en espacios públicos exteriores ayudan al desarrollo de normativas, recomendaciones y programas que posibiliten a los individuos las condiciones adecuadas para llevar a cabo sus actividades en esas áreas; lo que puede provocar un fomento de las relaciones entre los habitantes y evitar desapego hacia el espacio público y el desuso del mismo (Bojórquez, 2010).

Por otro lado, las ciudades crecen aceleradamente, y en los próximos años este fenómeno causará aumento en los problemas cardiovasculares y respiratorios, al provocar un incremento en la incidencia de muertes y las enfermedades asociadas a la alteración de las

temperaturas y los contaminantes del aire durante los periodos cálidos, y más en regiones de climas extremos como el de Mexicali.

Es fundamental promover las actividades en las áreas públicas exteriores en regiones con climas extremos, que inciten la revitalización de los espacios, al pensar primordialmente en las necesidades de esparcimiento e interacción de los usuarios (Nikolopoulou, 2004).

En las grandes ciudades, donde la forma de vida gira en torno a la industrialización y el trabajo confinado en oficinas según estudios las personas pasan en promedio entre 90 a 96% del tiempo en espacios interiores, con un reducido tiempo de permanencia en espacios interiores, en la mayoría de los casos la estadía en ellos es menor a una hora, debido a los lapsos en el proceso de adaptación; por lo que el desarrollo y aplicación de modelos específicos para espacios interiores genera una sobreestimación de la sensación térmica al ser utilizados para la evaluación de condiciones tan variables como en las áreas exteriores. Esta discrepancia es mayor en condiciones de temperaturas bajas que en las altas (Hoppe, 2002); lo que genera la necesidad de realizar estudios específicamente para los espacios públicos exteriores.

Así mismo, el ser humano necesita la luz del sol, además de estar en contacto con elementos naturales como plantas y árboles, para ayudar al organismo a desarrollar defensas contra enfermedades y asimilar alimentos; una de las principales acciones que ayudan a realizar estas funciones fisiológicas es el realizar actividades deportivas en el exterior. Sin embargo, con el uso de climatización artificial en las edificaciones y ante la falta de condiciones óptimas de confort térmico en áreas destinadas a realizar las prácticas físicas, no se produce el contacto con los elementos mencionados (Bojórquez, 2010).

Además de lo anterior, en las últimas décadas ha existido un impulso para el desarrollo de estudios que conlleve a entender la correlación entre confort térmico y las variables meteorológicas, ya que se ha demostrado que la fluctuación de las temperaturas en las ciudades afecta de manera adversa la salud de los individuos, al estar estos adaptados las condiciones de climatización artificial.

Una disminución de las superficies urbanas asfaltadas o de concreto y un aumento de las áreas naturales y de baja absorción de calor, podría suscitar condiciones ambientales urbanas favorables y contribuir a la disminución de la isla de calor en la capa de dosel (ICU) (García-Cueto, 2007), y así generar condiciones adecuadas de confort térmico para el desarrollo de actividades al aire libre, lo que se puede reforzar con el uso de modelos de confort térmico para la predicción de temperaturas neutrales y rangos de tolerancia, que ayuden a la toma de decisiones tanto de diseño como de políticas públicas encaminadas a el mejoramiento de los microclimas urbanos.

Además, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, considera recomendaciones entre las que se encuentran el estar prevenidos ante el fenómeno de la ICU, al destacar el apoyo a investigaciones para el desarrollo e instrumentación de sistemas de vigilancia y respuesta efectivos, así como proyectos que identifiquen necesidades de adaptación térmica de los individuos, por el aumento de las temperaturas urbanas.

Mexicali se encuentra en una región con un clima cálido seco extremoso, por lo que el desarrollo de modelos de confort térmico para actividades deportivas intensas es necesario, para explicar los diferentes niveles de adaptación conductual y fisiológico (de Dear y Parkinson, 2015), y así establecer parámetros, de análisis térmico con un enfoque de adaptación para poder determinar los mismos.

El desarrollo de modelos de confort térmico, pueden usarse como auxiliar en el diseño bioclimático, y proveer adecuaciones en áreas deportivas que satisfagan la necesidad de térmicas en los usuarios; y que además se posibilite con ello, el incremento de la salud y la calidad de vida de los habitantes de las ciudades.

Con lo expuesto anteriormente, se enfatiza la necesidad de conocer el efecto de las variables meteorológicas sobre el confort de las personas que realizan actividades deportivas, pues con esto se podrá realizar predicciones y evaluaciones sobre las preferencias térmicas y su relación con la sensación de satisfacción térmica.

Existen diferentes elementos que justifican el desarrollo de estudios sobre el confort térmico de los espacios públicos exteriores donde se realizan actividades deportivas en un clima cálido seco extremoso, y son los siguientes:

1.- Puede propiciar mejoras en los modelos de diseño urbano y arquitectónico, encaminado a la sustentabilidad, con lo que se posibilite generar políticas de planeación urbana, al considerar el cambio climático y poner énfasis en el uso de espacios exteriores y los periodos adecuados para realizar actividades en ellos, sin sufrir riesgos médicos (Bojórquez, 2010).

2.- Autores como Mondelo *et al.*, (2013), afirman que un ambiente térmico inadecuado genera reducciones en rendimiento físico y mental, baja productividad, irritabilidad, agresividad, discomfort, así como descompensación de la frecuencia cardíaca en relación de las cualidades de la temperatura.

El desarrollo de un modelo de predicción (comúnmente realizado en muchas investigaciones), por las implicaciones de variabilidad de ambientes, condiciones de los espacios exteriores y tiempos de permanencia, no es adecuado; mientras que la aplicación del enfoque de adaptación para generar modelos de confort, debido a que es resultado de una evaluación de campo, se ajusta mejor a las condiciones exteriores (Höppe, 2002).

Otras aplicaciones de un estudio de este tipo, sería el poder desarrollar un índice de confort para advertir a las personas en base a sus propios límites fisiológicos mediante un programa de alertas ambientales, sobre condiciones de riesgo para el uso de los espacios exteriores en actividad intensas, aplicable tanto a los habitantes de la ciudad, trabajadores, como al turismo, el cual podría ser utilizado por los sistemas de salud pública y por los órganos de toma de decisiones.

Además de lo anterior, mediante el desarrollo de modelos de confort térmico para actividades intensas en espacios exteriores en un clima cálido seco extremoso, es posible establecer el efecto de las variables meteorológicas en los usuarios, lo cual puede servir para el desarrollo de principios de diseño arquitectónico de áreas recreativas y deportivas; además de la evaluación de las condiciones de los espacios a diseñar, ya que la Arquitectura

debe ser una respuesta a las sensaciones del cuerpo humano con base en el clima del lugar (Bojórquez, 2010).

1.3.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Pregunta principal

¿Cuál es el efecto que ejercen las variables meteorológicas en el confort térmico de los usuarios que realizan actividades deportivas en los espacios públicos exteriores durante los diferentes periodos de sensación térmica en una región con clima cálido seco extremoso?

Preguntas secundarias

¿Cuál variable meteorológica tienen mayor afectación en el confort térmico de las personas que realizan actividad deportiva, por temporada de sensación térmica de sensación térmica?

¿Cuáles son los rangos de confort por variable meteorológica, en las personas que realizan actividad deportiva intensa en los espacios públicos exteriores, para cada temporada de sensación térmica?

1.4.- HIPÓTESIS

“El efecto de las variables meteorológicas sobre la sensación térmica percibida de los individuos que realizan actividades deportivas intensas en espacios públicos exteriores que se encuentran en regiones con clima cálido seco extremoso difiere al ser analizadas individualmente o en conjunto, además de lo anterior, el nivel metabólico de estos modifica los rangos de neutralidad térmica en los modelos de confort, con valores que sobrepasan posibles límites de riesgo fisiológico”.

1.5.- OBJETIVOS

Objetivos generales

- 1.- Determinar el efecto de las variables meteorológicas en el proceso de confort térmico de los individuos que realizan actividades deportivas intensas en los espacios públicos exteriores.
- 2.- Desarrollar modelos de confort térmico (univariados y multivariados) mediante el establecimiento de la sensación térmica percibida de los individuos que realizan actividades físicas intensas en áreas públicas exteriores de Mexicali, Baja California.

Objetivos particulares.

1. Caracterizar a la población que realiza actividad intensa en los espacios públicos exteriores de Mexicali, B.C. con la intención de identificar posibles estratos basados en la actividad metabólica según edad y sexo.
2. Seleccionar los sitios aptos para desarrollo de la investigación, al elegir patrones adecuados en cuanto al uso, tipos e intensidad de actividad, tipo y características de zona urbana.
3. Realizar encuestas en campo para recabar información de las variables meteorológicas, y aspectos psicológicos y fisiológicos de cada tipo de espacio externo sobre el confort térmico de los habitantes.
4. Generar modelos de confort térmico tanto univariados como multivariados en base a métodos de análisis estadísticos adecuados, al usar la información recabada de las encuestas realizadas en campo a individuos que realizan actividad deportiva intensa para en Mexicali, Baja California.
5. Definir el efecto por magnitud de variable meteorológica en el confort térmico para cada temporada analizada.

1.6.- ALCANCES Y LIMITACIONES

Los **alcances** de la investigación se encuentran establecidos en estudios de confort térmico, sobre la comparación del nivel de actividad y las condiciones bioclimáticas extremas en Mexicali, Baja California.

El tema se centra en el estudio del confort térmico bajo actividades intensas que se lleguen a realizar en espacios públicos exteriores con particularidades en el desarrollo de este como tener una población heterogénea, en fisiología, edades y otros factores físicos, metabólicos y psicológicos.

Las variables meteorológicas que se analizarán serán temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento, radiación solar, temperatura de globo gris, temperatura radiante media (este es un valor ambiental calculado). Con lo que establecerá la correlación existente entre éstas y el confort térmico bajo condiciones de actividad deportiva intensa, para el establecimiento de la temperatura neutral y los rangos de confort de los individuos.

El estudio se dividirá en periodos climáticos, en función de la magnitud de las condiciones meteorológicas en el lapso de tiempo establecido, frío, cálido y etapas de transición; los valores del ambiente térmico serán recolectados en sitio, en tiempo real bajo las condiciones del microclima específico del lugar, con las distancias determinadas por la norma, donde se realice la investigación.

Por último, el establecimiento de la sensación térmica percibida, así como los rangos de confort que los usuarios de los espacios deportivos intensos perciben del microclima inmediato, por medio de modelos de confort térmicos específicamente para la ciudad de Mexicali, Baja California

Las **limitaciones** que se tienen son los meses de aplicación de los cuestionarios, se prevé que algunas temporadas de encuestas estarán en periodos vacacionales o días no laborales, con lo que se tendrá que extender o contraer los periodos de estas; pues al desarrollarse con ayuda de estudiantes matriculados de la Universidad Autónoma de Baja California estos no están disponibles para el trabajo de campo.

Los instrumentos serán seleccionados en función de su disponibilidad y/o capacidad económica de adquisición, con las consideraciones de la normatividad internacional para estudios de confort térmico (intervalos de medición, intervalos de operación, precisión, resolución, unidades y frecuencia de registro, entre otras).

Buscar los sitios de aplicación de las encuestas, los cuales, además de cumplir con las características desarrolladas en la investigación proporcione seguridad tanto de personal de apoyo e instrumentos a utilizar en el proceso de trabajo de campo.

La capacidad y capacitación del personal de apoyo para realizar encuestas tiene que ser controlado; esto implicará una constante capacitación, para obtener el mayor número de encuestas y datos posibles para la investigación.

Los datos se analizarán de manera generalizada en base a los objetivos de la investigación y no se hará diferenciación de edad o sexo en los sujetos de estudio, lo anterior para estimar modelos genéricos de fácil aplicación. El efecto de la adaptación psicológica será considerado de manera secundaria, pues en función las respuestas y la escala de sensaciones subjetivas utilizadas en la norma 10551, sin llegar a hacer un análisis específico de estos aspectos por la dificultad que conllevaría este tipo de estudios.

1.7.- ANTECEDENTES

A continuación, se presenta el conocimiento existente del tema de estudio para de facilitar la comprensión de las variables que integrarán la investigación. En primera instancia los temas y los casos análogos que tienen relación directa con el trabajo. Se exponen los diferentes enfoques, métodos empleados en el estudio del tema y temáticas afines al mismo, que ayudan a sustentar la investigación, además de la caracterización de la zona de aplicación.

1.7.1.- Bioclima

El bioclima se refiere a los tipos de clima que pueden distinguirse al atender los factores que afectan a los seres vivos, como son la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar. Está definido en función del efecto que tienen sobre los seres humanos las condiciones meteorológicas de un ambiente térmico.

El tener un bioclima térmico adecuado en los espacios exteriores, implica que los usuarios estén en confort para que puedan realizar no sólo sus actividades de manera óptima, sino también, para que ellos se puedan desarrollar integralmente (Fuentes, 2010). La región

donde se encuentra la ciudad de Mexicali se caracteriza por ser cálida seca extremosa, con lo cual se tiene condiciones de inhabitabilidad en las áreas abiertas que generan desapego en los usuarios y provocan riesgos de afectaciones a la salud de los individuos.

Para autores como Givoni (1973) y Olgyay (1963) el bioclima es un factor importante que interviene en los aspectos cotidianos de los seres vivos, además de una característica fundamental en el diseño de espacios interiores y exteriores. Respecto de estas necesidades, se puede observar que la mayoría de las áreas abiertas, presentan en general malas condiciones de habitabilidad, en términos de confort ambiental, a los potenciales usuarios: contaminación acústica, discomfort térmico, luminosidad no regulada y contaminación visual.

Se ha demostrado la importancia y necesidad de desarrollar estudios de bioclima y confort térmico, sobre todo en regiones con climas extremos; ejemplos de esto, son en eventos de importancia mundial como: los juegos olímpicos de Atlanta 1996, Sydney 2000 y Atenas 2004, Feria Mundial Expo Sevilla 1992, como también el proyecto de investigación como Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (RUROS), por otro lado, se tiene el desarrollo de normas ISO 10551 y la ANSI ASHRAE-55 (2010), que además de ser para espacios interiores tienen aplicaciones en espacios exteriores (Bojórquez, 2010).

La bioclimatología es la ciencia que estudia las relaciones recíprocas entre el clima y los seres vivos. Esta disciplina comenzó a estructurarse al relacionar los factores climáticos (temperatura, precipitación, humedad, vientos y radiación) con las áreas de distribución y desarrollo de los seres vivos (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

Desde a principios de los años 70's se ha tratado de poner a punto una clasificación bioclimática de la tierra. Las razones son llegar a disponer de una tipología fácilmente cuantificable que muestre una relación ajustada entre los modelos de vegetación y los valores del clima; al tiempo que, exista la relación del valor predictivo de las unidades bioclimáticas, éstas puedan utilizarse en otras ciencias, en los programas de estudio y conservación de la biodiversidad, así como en la obtención de recursos agrícolas y forestales, al entender aquí al humano dentro de la diversidad de especies en el planeta.

1.7.2.- Confort térmico y bioclima

La sensación de confort térmico en espacios exteriores con bioclimas extremos, determinan la densidad y periodicidad de uso de los mismos. Es necesario entender las relaciones causales que originan que un área creada para la recreación o la convivencia sea subutilizada debido a las condiciones de ambiente térmico (Bojórquez, 2010).

Las investigaciones están encaminadas a desarrollar conocimiento sobre las condiciones de confort térmico en los habitantes, y que puedan desarrollar no sólo sus actividades de manera adecuada, sino también, que se puedan desenvolver integralmente y sin riesgos de afectaciones fisiológicas. Sin embargo, los arquitectos e investigadores en su mayoría, desconocen que en aspectos de confort térmico hay diferencias significativas entre las reacciones fisiológicas y psicológicas de los individuos cuando se trata de espacios exteriores e interiores.

La importancia de los estudios de confort térmico en espacios interiores se observa con el desarrollo de las normas ISO 7730: 2005, ANSI/ASHRAE 55:2004, ISO 7243:1989, ISO 7933:2004, ISO 11079:2007, e ISO 10551: 2019 entre otras.

En exteriores, los parámetros que influyen en el confort térmico, aun cuando tienen puntos similares al de interiores, se encuentran dentro de una gama más amplia de variabilidad, temporalidad, espacio y actividades; debido a esta complejidad existen pocas intenciones de entender el proceso de sensación térmica en exteriores (Höppe, 2002). Es por lo anterior que los estudios de este tipo pueden ser complicados de realizar.

Si se tuvieran condiciones confort térmico adecuados, implicaría la mejora de las características de habitabilidad del espacio público (Nikolopoulou, 2004), porque las soluciones para conseguir el confort involucran el aumento de vegetación y cambio de pavimentos que sustituyan al máximo posible las zonas asfaltadas y así mejorar la calidad del ambiente térmico; pero estas recomendaciones no pueden ser tomadas al pie de la letra, porque no todas las ciudades tienen las mismas condiciones con lo que sus requerimientos cambiarán, al ser esto un problema primordial en dentro de las investigaciones en estos temas.

La habitabilidad del espacio público se compone de variables ergonómicas, psicológicas y fisiológicas. Las primeras se relacionan con las características físicas del espacio público y la forma en que éstas repercuten sobre las condiciones en las que una persona puede desplazarse. Luego estarían los aspectos psicológicos que inciden en el grado de atracción de esta área para las personas. Y finalmente las fisiológicas que inciden sobre el confort térmico de los individuos. Este conjunto de variables relaciona las condiciones morfológicas de la calle, el clima y la presencia del flujo vehicular con los niveles fisiológicos del cuerpo humano.

Cabe mencionar que los factores socioculturales determinan patrones de conducta basados en el modo de vida y las costumbres locales, tal es el caso de la vestimenta, la alimentación, el uso y el diseño de los espacios que vienen dados por los efectos del bioclima de la región. Estos aspectos influyen en las condiciones de confort de los sujetos y su ambiente térmico. Asimismo, los hábitos y las preferencias personales ejercen un efecto en el grado de adaptación fisiológica y psicológica de cada sujeto, y por otro lado, en la experiencia y la expectativa térmicas respecto a las condiciones de los espacios utilizados.

En Mexicali, todo lo anterior se ve reflejado en la manera en que los habitantes utilizan y se apropian del espacio público exterior para realizar prácticas deportivas; al buscar por medio de acciones personales, condiciones de confort térmico para llevarlas a cabo de una manera apta, al tratar de evitar situaciones que induzcan un riesgo a la salud; por lo cual, se reflejan patrones de usos y actividades heterogéneos.

1.7.3.- Deporte y espacios públicos exteriores

La práctica del deporte ya no se limita a las instalaciones convencionales, sino que se proyecta en todo el espacio de la ciudad, calles, parques y plazas son lugares donde las personas realizan las actividades variadas, solas o en conjunto; Estas áreas públicas son elementos centrales para la acogida de actividades deportivas, al representar más del 50% de las acciones físicas informales (Puig, 2008).

En la comunidad existen tejidos sociales privados, que se encuentran conformados por vínculos entre los individuos pertenecientes a diferentes grupos sociales, y de ellas se

desprenden otro tipo de relaciones entre las que se encuentran aquellas asociadas a prácticas deportivas informales en los espacios públicos exteriores (Puig y Maza, 2008). Éstas están conformadas por nexos de amistad o familiares, que buscan nuevas áreas de la ciudad para apropiarse de ellos y posteriormente utilizarlos para sus actividades físicas.

Los habitantes aprovechan en primer lugar los equipamientos asociados a los parques y plazas, al desatacarse los equipamientos o áreas especiales para desarrollo de actividades deportivas (Puig, 2008). Estos espacios pueden ser adaptados por los practicantes y hasta por la propia administración, o realizarse de forma improvisada por las propias redes deportivas informales. Ejemplo de esto es la retención de áreas públicas por parte de patinadores o jóvenes que realizan prácticas de conjunto (básquetbol, fútbol, etc.) en espacios urbanos sin un entorno favorable para su desarrollo.

Actualmente muchas ciudades utilizan los centros históricos o las áreas aledañas de los mismos, además de las calles cercanas a estos, con una gran cantidad de espacios residuales, como como espacios deportivos donde los habitantes realizan este tipo de actividades (Puig y Maza, 2008).

El caso de las prácticas deportivas informales genera relaciones entre los habitantes, ya que es un exponente positivo del tejido social que se desarrollan en el espacio público. En primer lugar, el deporte genera códigos de interacción entre desconocidos y las relaciones sociales fragmentadas o de centralidad se pueden canalizar mejor. En segundo lugar, porque se produce un principio de rutina o cotidianeidad en las actividades, que genera una cierta familiaridad en el uso de las áreas urbanas. Al convertirse éstas, en consecuencia, en uno de los exponentes de generación de aumento en el uso y permanencia en los mismos (Puig, 2008).

En el desarrollo de las prácticas deportivas y su entorno se observa la presencia de vivienda (71,0%) que es un factor para el arraigo de una red de actividades de este tipo. Junto a ella están los parques (72,6%) que son tipologías adecuadas para la práctica de algún deporte. Finalmente, la presencia de espacios improvisados es de un 30,6% (Puig, 2008).

En Mexicali, el bioclima extremo impide hasta cierto punto la utilización del espacio público exterior para su uso en las actividades deportivas, puesto que las condiciones de confort térmico cambian de una temporada a otra y con base en la actividad desarrollada, mientras que en interiores serán en términos generales los mismos cada día. Al darse de esta manera condiciones que no son las adecuadas para realizar este tipo de prácticas; no obstante, recientemente se ha visto un aumento en el uso de estos espacios, tanto de manera formal (torneos y entrenamientos deportivos), como de manera informal (actividades de conjunto de los habitantes en general).

Lo anterior indica, que, aunque se tienen condiciones inadecuadas de confort térmico para el desarrollo de actividades deportivas, es posible que los aspectos de conducta como los hábitos de las personas y la adaptación de estos al bioclima, puedan tener una influencia en que se realicen este tipo de prácticas en estas áreas.

Es necesario tener en cuenta, que la práctica deportiva difiere en las condiciones en que se realiza de un periodo de sensación térmica a otro; ejemplo de esto, son los procesos fisiológicos y metabólicos que el organismo lleva a cabo; en el periodo frío, los músculos se contraen, al quedar así con mayor rigidez que en periodos cálidos, lo que resulta en diferentes niveles de esfuerzos y actividades metabólicas para mantener la temperatura optima del cuerpo al realizar una actividad, y causar de esta manera que la percepción del confort térmico mejore o se agrave.

1.7.4.- Estado de la cuestión

Este apartado tiene la finalidad de hacer una recopilación de fuentes importantes, ideas, conceptos, opiniones que ayuden a la conformación de la base que apoye a la sustentación de la investigación con base en un conjunto de publicaciones e investigaciones sobre el confort térmico. Para ello, el análisis se estructuró en las siguientes secciones: enfoques de estudio, métodos de estudio, tipos de estudio y autores destacados.

Enfoques de estudio

Tanto en la investigación como las normativas referidas a confort térmico se presentan dos tipos de estudios, adaptación y predicción; estos tienen diferentes bases metodológicas, enfoques y prescripciones sobre cómo debería ser manejado los procesos de investigación del ambiente térmico en los espacios diseñados.

Los **estudios de predicción** han generado estándares que se aplican universalmente para todo tipo de edificios, espacios exteriores y poblaciones; se caracterizan por su mínimo reconocimiento del clima exterior y del contexto, que contribuyen a incrementar la dependencia del acondicionamiento mecánico, especialmente el aire acondicionado, en el caso de espacios interiores (Aroztegui, 2004).

Estos estándares (ISO 7730, ANSI/ASHRAE Standard 55) establecen condiciones '*ideales*' para el confort térmico basados en el modelo de balance de calor del cuerpo humano y derivados de experimentos de laboratorio con cámaras climáticas.

El principal punto por analizar es su aplicación en edificios o espacios exteriores sin acondicionamiento mecánico permanente. Para comprender se tiene que tomar en cuenta los aspectos sociales y culturales que intervienen en el confort térmico; Así mismo, no se contaba con un estándar que tomara en cuenta la necesidad de confort térmico de espacios exteriores, por lo tanto, los estudios de áreas abiertas quedaba relegada de este tipo de trabajos; la última ratificación de la norma ANSI/ASHRAE-55 considera las condiciones exteriores, al establecer un cambio en el estudio de vínculo entre las personas y su ambiente térmico en las áreas exteriores.

Los **estudios de adaptación** parten de que las personas crean sus propias preferencias térmicas por la manera en que interactúan con el ambiente, al modificar su comportamiento y adaptar gradualmente sus expectativas para enfrentar (en términos de relación) al ambiente térmico.

Estas nociones se demostraron a partir de investigaciones de campo, con personas que responden encuestas realizadas en condiciones reales de uso del espacio; situaciones dinámicas en términos del ambiente térmico y de las actividades de sus ocupantes.

Los modelos adaptativos recomiendan estándares de temperatura interior variable que toman en consideración las capacidades de adaptación y preferencias de los ocupantes de las áreas estudiadas y las características climáticas de la localidad (ASHRAE 55-2010).

Este enfoque permite tener controles más responsables con el ambiente, entendimiento de los niveles de confort de los ocupantes, menores consumos de energía y un diseño relacionado al clima, al considerar el control de las personas sobre el ambiente interior y los niveles de temperatura de este en relación a los patrones de la temperatura exterior.

La utilización de uno u otro enfoque, dependerá de las necesidades y los objetivos del trabajo a realizar al analizar las ventajas y desventajas que contiene cada uno de ellos; y posteriormente seleccionar aquel que se ajuste al proyecto en cuestión.

Métodos de estudio

Los métodos de investigación para el estudio del confort térmico se clasifican según sus características y la manera en que se llevan a cabo, en los siguientes: cualitativos, experimentales, casuísticos y correlacionales (Bojórquez, 2010). Y los cuales se detallan a continuación:

- Cualitativos: Estudios que se desarrollan con métodos empíricos de observación, entre los que destacan aquellos realizados en la primera mitad del siglo XX, como lo son las de Vernon, Wagner y Lee.
- Experimentales: Son aquellos que se llevan a cabo bajo condiciones controladas de laboratorio. Dentro de esta clasificación se han realizado investigaciones analíticas o con maniquíes térmicos o cilindros de doble capa en exteriores que simulan el cuerpo humano (Rincón, 2015). Es uno de los más utilizados., ejemplo de ello son los trabajos de Winslow, Herrington, Gagge, Missérnard y Fanger.
- Casuísticos: Prácticamente se basa en realizar una recopilación de varios estudios para platear un análisis en conjunto de los resultados individuales en cada caso. En esta clasificación se agrupan los trabajos desarrollados por Fanger, Humphreys y Aluciem.

- Correlacionales: Éstos se llevan a cabo por medio de encuestas de opinion y medición de variables meteorológicas; comparan respuestas cualitativas (de cuestionarios) con datos cuantitativos (medidos por instrumentos especializados) para establecer una correlación existente. Los estudios de confort térmico con el enfoque de adaptación tienen como base este método de investigación. Trabajos de este tipo son los del proyecto RP-884 de ASHRAE, de Dear, Nicol, Humphreys, Alunciems, Griffiths y Brager.

Tipos de estudio

Los tipos de estudios sobre confort térmico se pueden clasificar en: teóricos y métodos, análisis de modelos bioclimático, desarrollo de modelos y normas; donde las normas se incluyen como estudios por que establecen las condiciones específicas para el impulso de las investigaciones (Bojórquez, 2010). Estos tipos de estudio se pueden describir de manera general de la siguiente manera:

1. *Estudios y métodos teóricos*: En este caso, los estudios desarrollos se basan en una serie de análisis teóricos, y revisiones especializadas de los factores que afectan al confort térmico, los métodos para su evaluación y los enfoques de estudio (Rincón, 2015). Autores que han trabajado en base a esto son: Bedford (1936), Olgyay (1963), Fanger (1972), Humphreys (1976), Auliciems y Szokolay (1997), Brager y de Dear (2003), Mondelo *et al.* (2013), Nicol y Humphreys (2002) y Nikolopoulou y Steemers (2003),
2. *Análisis de modelos bioclimáticos*: hacen toda una compilación y descripción de varios modelos de confort, sin ser utilizados para el desarrollo de otros a partir de éstos; Auliciems trabajo en 1981 en este tipo de estudios.
3. *Desarrollo de modelos*: Su fin último es generar modelos de confort a partir de experimentos correlacionales al tratar de usar métodos nuevos para el análisis de los datos. Los trabajos que se ubican en este grupo son los de Brown y Gillespie (1954-1995), Yale University (1970), Gagge *et al.* (1971), Humphreys (1976), Höppe (2002), Heidorn (2001), el PMV - PPD de Fanger (1972).
4. *Normas*: La normatividad internacional que se relaciona directa o indirectamente con la evaluación, la estimación o el análisis del confort térmico es la ANSI/ASHRAE 55 (2010),

la ISO 7730 (2005), la ISO 7726 (1998), la ISO 10551 (2019), la ISO 8996 (2004), la ISO 9920 (2007).

Autores líderes

Existen diferentes autores que han marcado un liderazgo dentro de las investigaciones sobre confort térmico, la clasificación que aquí se presenta es general y está basada en enfoques de estudio y trabajos sobre confort térmico en exteriores. Los estudios que se consultaron fueron hechos mediante los dos enfoques (predicción y adaptación) y a partir de la segunda década del siglo XX.

Las pautas para considerar como líder a un autor fueron las siguientes: a) que sus trabajos hayan hecho una aportación significativa en los estudios sobre confort térmico, b) que un número considerable de otros autores los consideren en sus estudios como una referencia y c) el número de veces citados en la bibliografía especializada que se revisó (Bojórquez, 2010).

Enfoque de predicción

En lo que respecta al enfoque de predicción las primeras investigaciones que se efectuaron sobre el confort térmico fueron las de Houghten y Yaglou (1923), los cuales por medio de estudios de laboratorio propusieron la temperatura efectiva (ET); ésta se encontraba determinada por medio de combinar las temperaturas de bulbo seco, bulbo húmedo y la velocidad del viento, y con la cual establecieron la zona de confort.

Estudios posteriores realizados demostraron que la ET subestimaba el efecto de la humedad, al proponer después la nueva temperatura efectiva (ET^*) considerando un valor de referencia para la humedad relativa de un 50%.

Vernon y Warner (1932), fueron los precursores de los métodos de estudio empíricos, propusieron una nueva temperatura efectiva y la llamaron temperatura efectiva corregida (CET); en la cual substituyeron la temperatura de bulbo seco por la temperatura de globo para poder considerar los efectos de la radiación.

Por otra parte, se realizaron varios trabajos analíticos, entre los que destacan los desarrollados por Dufont entre 1933 y Winslow, Herrington y Gagge en 1937; quienes desarrollaron índices de confort el primero el de temperatura equivalente (*EqT*) y los segundos el de temperatura operativa (*OT*).

Bedford por su parte en 1936 elaboró un índice de calor equivalente, y modificó el modelo de temperatura equivalente (*EqT*) de Dunfort; además de esto, se le considera pionero en el desarrollo del enfoque de adaptación, pues estableció una escala de sensaciones que se utiliza en la actualidad, lo que ha hecho que este sea uno de los investigadores con mayor influencia en los estudios de confort.

Missénard (1948), propuso el índice de temperatura resultante (*RT*) a partir de experimentos similares a los realizados por Houghton y Yaglou en 1923, éste en comparación con el de la temperatura efectiva (*ET*) presenta resultados congruentes de las respuestas fisiológicas que se obtuvieron en las pruebas; elaboró además estudios sobre el efecto del ambiente térmico en los usuarios mediante el uso de encuestas y de espacios de prueba. Mientras que Lehmann (1960) desarrolló el índice de tensión térmica (*TSI*) con base en observaciones y análisis de los mecanismos de transferencia de animales domésticos y personas, como parte de este estudio propuso un nomograma basado en la carta psicométrica.

Gagge y Nishi realizaron varios estudios algunos asociados con Gonzáles y otros con Stolwijk. Parte de sus aportaciones fueron el modelo de nueva temperatura efectiva (*ET**), basado en el modelo de dos nodos y la temperatura efectiva. Otra aportación fue la temperatura efectiva estándar (*SET*), donde incluyen una escala de votos y efecto fisiológico. Una aportación individual de Gagge es el índice de sensación térmica (*DISC*). Otros trabajos de estos autores tratan sobre los factores fisiológicos y físicos que influyen en el confort térmico humano.

Siple y Passel en 1947, desarrollaron un índice de congelamiento por viento (*Wind Chill Temperature Index*), a partir de datos obtenidos con la experiencia en la Antártida; el equipo que se utilizó fueron cilindros de plástico rellenos de agua y expuestos a ráfagas de viento de diferentes temperaturas y velocidades. Las observaciones que se tomaron fueron

el tiempo que se tardaba en congelar el agua en intervalos de temperatura que iban de - 9 °C hasta los - 56 °C a velocidades de viento que iban de los 0 m/s a los 12 m/s. Los datos fueron analizados, y se obtuvo así una recta de regresión al dar con esto la fórmula del índice:

$$WCTI = (12,15 + 11,6 \cdot V_{10/2} - V_{10}) \cdot (33 - T_{ar}) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$WCTI$ = Índice de congelamiento por viento.

V = Velocidad de viento.

T_{ar} = Temperatura de aire.

Beldin y Hatch en 1955, obtuvieron el índice de estrés térmico por calor (*Heat Stress Index*) para espacios exteriores por medio de modelos de balance térmico; llegaron al resultado por medio de los siguientes supuestos fisiológicos: los intercambios térmicos en el organismo son equivalentes a la cantidad de sudor necesario para la evaporación, el esfuerzo fisiológico causado por el estrés térmico se da por la relación de la pérdida de calor por evaporación del organismo y el potencial de pérdida de calor, se consideró la temperatura de la piel constante de 35 °C, y cuál era la capacidad máxima de sudoración de un individuo en un tiempo de 8 horas; el resultado del trabajo se refleja en la fórmula para el índice de estrés térmico:

$$HSI = (E_{rsw}/E_{max}) \cdot 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

HSI = Índice de estrés térmico por calor.

E_{rsw} = Pérdida de calor requerida por evaporación

E_{max} = Potencial de pérdida de calor por evaporación

Yaglou y Minard (1957) propusieron la temperatura de globo de bulbo húmedo (*WGBT*), este índice considera la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo (simulando un ambiente ventilado naturalmente) temperatura de globo (temperatura obtenida en el interior de una esfera de metal, pintada de negro); éste puede ser utilizado para ambientes interiores y exteriores. La ecuación resultante de las investigaciones es la siguiente:

$$WBGT = 0.7 \cdot T_{nwb} + 0.3 \cdot T_g. \quad \text{Ecuación 3}$$

Para condiciones externas con radiación solar directa, se tiene la siguiente formulación (ISO 7243, 1989)

$$WBGT = 0.7 \cdot T_{nwb} + 0.2 \cdot T_g + 0.2 \cdot T_{ar} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$WBGT$ = Índice de bulbo húmedo y temperatura de globo.

T_{nwb} = Temperatura de bulbo húmedo natural.

T_{ar} = Temperatura de aire

T_g = Temperatura de globo negro.

Fanger en la década de los 70's elaboró mediante sus investigaciones una ecuación de confort (FCE) y sus índices PMV - PPD. Estos modelos son producto de un análisis de la relación del cuerpo humano y el ambiente térmico, por lo tanto, la norma ISO 7730 se basa en ellos (Auliciems y Szokolay, 1997). Por lo que es este autor uno de los más citados en trabajos realizados sobre el confort térmico.

Gagge y Nishi (1977) en colaboración con otros investigadores, como Gonzáles y Stolwijk, realizaron aportaciones como el modelo de nueva temperatura efectiva estandar (SET^*), basado en el modelo de dos nodos y la temperatura efectiva, la cual se define como el equivalente a la temperatura del aire en un entorno de referencia, donde un individuo muestra la misma temperatura de piel y el mismo porcentaje de piel cubierta por el sudor para el medio ambiente en el que se encuentra, en esta se incluyen una escala de votos y efecto fisiológico. Donde el entorno de referencia se especifica por tres variables: se toma la temperatura radiante igual a la temperatura del aire, humedad relativa de 50 % y velocidad de viento de .15 m/s.

Givoni en 1969 por su parte, propone el índice de estrés térmico (ITS), desarrollado para considerar los diversos mecanismos de intercambio de calor del cuerpo humano, además de considerar los niveles de actividad metabólica y el efecto del aislamiento de la ropa; el modelo no consideraba los intercambios por radiación, con lo cual el autor sugirió que se

utilizara la temperatura de globo negro en sustitución de la temperatura del aire para el cálculo de los intercambios convectivos.

Enfoque de adaptación

Las investigaciones que se han realizado mediante el enfoque de adaptación se encuentran los desarrollados por Webb, en 1959, los cuales están elaborados para climas ecuatoriales, hizo aportaciones con investigaciones en Malasia y Singapur, con las que generó el Índice de Confort Ecuatorial (ECI). Estos trabajos se basan en un análisis de observaciones, encuestas y mediciones de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento. Se considera uno de los primeros trabajos con una tendencia hacia un enfoque de adaptación (Auliciems y Szokolay, 1997, citado por Bojórquez, 2010).

Las bases teóricas del enfoque de adaptación fueron desarrolladas por McIntyre (1980), ya que sus trabajos se vinculan con el desarrollo y análisis de escalas de confort, variables meteorológicas y sensaciones subjetivas, el efecto de aislamiento de la ropa y las variables del ambiente construido involucradas en el confort térmico.

Humpreys en 1975, inició los estudios con enfoque de adaptación de manera oficial, al elaborar estudios de campo en los que encontró una relación estadística significativa de temperaturas neutrales y índices bajos de estrés térmico, que se basó en escalas subjetivas, en niveles medios de temperatura del aire o temperatura de globo (T_i) que experimentaron los sujetos de estudio tanto en espacios interiores como exteriores, en un periodo aproximado de un mes.

En el análisis realizado en 1976 por Humpreys sustituyó la temperatura interior por la media exterior, y se obtuvieron resultados similares en edificios sin sistemas de acondicionamiento de aire (Chávez, 2002). Uno de los trabajos más recientes de Humpreys, publicado en el 2007, es un estudio sobre la variación de las sensaciones térmicas, específicamente la escala de ASHRAE.

Auliciems he elaborado estudios sobre ambiente térmico, confort, clima y su influencia en la morbilidad y mortalidad. Además de realizar investigaciones donde hizo comparaciones parecidas a las de Humpreys, en las que utilizó una amplia base de datos, que incluían

edificios ventilados naturalmente y con aire acondicionado. El trabajo más destacado lo desarrolló en 1981 donde establecía una inclinación hacia un modelo psicofisiológico de la percepción térmica; realizó trabajos con otros investigadores como de Dear, Webb, Szokolay, Fagence, Kalkstein y Kevan sobre Bioclimatología Humana.

Griffiths (2007) realizó investigaciones con enfoque de adaptación y obtuvo resultados similares a los de Humphreys. Además de otras investigaciones especializadas sobre la radiación solar y su efecto en el confort térmico. Así como las implicaciones del confort térmico en el potencial ahorro de energía en los edificios

Nicol (1993), realizó estudios sobre con respecto al ambiente térmico y su influencia en los ocupantes, autorregulación humana, tiempo de exposición, sustentabilidad, normas y variación climática. Participó en investigaciones hechas por de Dear y Brager para el proyecto RP-884 de ASHRAE.

Los trabajos hechos por de Dear (2002), se encauzan sobre el enfoque de adaptación, preferencias térmicas, confort y ventilación natural, modelos para exteriores, entre otros. En conjunto con Brager en 1998 realizó una revisión sobre confort térmico en ambiente construido. Además de lo anterior lideró el proyecto RP-884 de ASHRAE, cuyos resultados dieron origen a los cambios en la norma sobre confort térmico ANSI/ASHRAE 55-2004.

Brager (1998) ha realizado investigaciones sobre los métodos para el desarrollo de modelos de adaptación, preferencias térmicas, ventilación natural y confort. En su revisión de 1998, presentó un modelo conceptual de adaptación, ajustes al ambiente térmico, efecto fisiológico de la aclimatación, expectativa y experiencia; estudios con cámaras climáticas y cómo se demuestra la adaptación en ellos, trabajos de campo, tipos de clase de estudios (I, II y III), modelos de predicción, efectos por ventilación natural y aire acondicionado, controles de temperatura de climatización en los edificios y finalmente las normas de confort térmico.

1.7.5.-Casos análogos

Para la selección de los casos análogos, se tomó en base a criterios dentro de los cuales se encuentran la similitud de las investigaciones, por ello la importancia de los

estudios correlacionales y las bases de datos generados en estas investigaciones; al ser ellos una guía para el desarrollo de la investigación.

En la selección se tomaron en cuenta las siguientes características: - responsable del estudio, año de realización o publicación del trabajo y nombre de identificación del caso, - Lugar donde se desarrolló y tipo de clima, - Variables analizadas y tipo de estudio - Tipo de cuestionario, - Tamaño de la muestra y método de muestreo y - Modelo generado cuando este estaba disponible

Investigaciones internacionales con desarrollo de modelos univariados

1.- Auliciems (1981) hizo una revisión de 52 estudios de confort térmico por el método de correlación. Las bases de datos fueron recabadas en Melbourne, Sydney, Adelaide, Brisbane, Perth, Armidale, Darwin, Weipa, Pt Moresby, Honiara, Singapore, Nueva Delhi, Calcuta, Bagdad, Río de Janeiro, Toronto, New York, Minneapolis, Portland, Suecia, Zúrich, Londres y Ginebra (de Dear *et al.*, 1997a). Los climas que se estudiaron fueron sabana tropical (trópico cálido húmedo), costa marina, cálido húmedo, mediterráneo, ecuatorial húmedo, frío extremo con humedad media, subtropical húmedo, continental subártico, desértico, semidesértico y húmedo de latitud media.

En los trabajos consultados se analizaron edificios de oficina, uso residencial e industrias, ventilados naturalmente y con aire acondicionado. Las variables analizadas fueron la temperatura del aire, la temperatura de globo negro, la velocidad de viento, la humedad relativa, la actividad metabólica y el nivel de arropamiento.

Por las características del equipo de medición utilizado, la base de datos conformada se considera de clase I, clase II y clase III, según la clasificación de Brager y de Dear (1998). El cuestionario se basó, en algunos casos, en la ISO 10551, y, en otros, en ANSI/ASHRAE 55. No se obtuvo el dato de la muestra total evaluada, pero se sabe que el método de selección para la aplicación del cuestionario fue de tipo no aleatorio.

Según Auliciems y Szokolay (1997), después de combinar la información entre edificaciones con climatización controlada y aquellas que no poseían esta característica,

Auliciems retornó al estudio de neutralidades (T_n) con base en la temperatura promedio mensual (T_m). El resultado obtenido por Auliciems fue la ecuación lineal siguiente:

$$T_n = 0,31 T_m + 17,6 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

T_n = Temperatura neutra.

T_m = Temperatura media.

Adicionalmente a partir de sus primeros trabajos, Auliciems llegó a la siguiente ecuación al incorporar una expresión para el calor imperante en interiores:

$$T_n = 0.48 T_i + 0.14 T_m + 9.22 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

T_n = Temperatura neutra.

T_i = Temperatura interior.

T_m = Temperatura media.

2.- En 1999 Nicol dirigió el desarrollo de la base de datos de Pakistán (Paktrans) realizada en las ciudades de Islamabad, Karachi, Multan, Saidu Sherif, Peshawar. Con clima desértico y semidesértico, los edificios estudiados fueron vivienda y oficinas, la mayoría de ellos con ventilación natural. Las variables analizadas fueron la temperatura del aire, la temperatura de globo, la humedad relativa, la actividad metabólica y el nivel de arropamiento. Con base en las características del equipo utilizado, los datos recabados son de clase III (Humpreys *et al.*, 2007).

El cuestionario se basó en la ISO 10551 y se caracterizó por ser un estudio de tipo longitudinal —donde los sujetos contestaban 100 observaciones aprox. por semana—; sin embargo, de forma simultánea se le aplicó a la misma muestra un estudio de tipo transversal (evaluación mensual). El tamaño de la muestra fue de 7 000 observaciones y la selección de sujetos fue de tipo no aleatoria. Este trabajo fue incluido en la base de datos de ASHRAE RP - 884. Según Nicol *et al.* (1999) el modelo desarrollado fue:

$$T_d = 18,5 + 0,36 T_{ep}$$

Ecuación 7

Donde:

T_d = Temperatura de diseño.

T_{ep} = Temperatura exterior promedio en un periodo amplio (10 años).

3.- El proyecto ASHRAE RP-884 es el más grande desarrollado a nivel mundial, el líder del grupo de trabajo fue de Dear y tuvo la colaboración de Brager, Cooper, Nicol, Roaf entre otros. Los resultados se reportaron en 1997. En la tabla 4, se presentan los proyectos que conforman la investigación mencionada.

Los lugares de trabajo fueron siete países, 31 ciudades de Europa (12 de Inglaterra, cuatro de Australia, ocho de Canadá, una de Indonesia, cinco de Pakistán, una de Tailandia y cinco ciudades de Estados Unidos). En algunos casos las encuestas fueron en invierno y verano, mientras que en otros sólo en invierno o sólo en verano.

Los tipos de clima considerados fueron: sabana tropical (trópico cálido húmedo), costa marina, cálido húmedo, mediterráneo, ecuatorial húmedo, frío extremo con humedad media, subtropical húmedo, continental subártico, desértico, semidesértico y húmedo de latitud media.

Este estudio propicio la inclusión del modelo de adaptación en la norma ANSI/ASHRAE 55- 2004, lo que generó la primera norma mixta de enfoques de confort térmico. Los modelos generados son en función del tipo de sistema de enfriamiento sea por ventilación natural, o aire acondicionado, así como la nueva temperatura efectiva (ET^*)

Con ventilación natural

$$T_n = 18.99 + 0.255 T_{ep} \quad \text{Donde } T_{ep} = \text{Media exterior } ET^*_{\text{exterior media}}$$

Ecuación 8

Con aire acondicionado

$$T_n = 22.06 + 0.04 T_{ep} \quad \text{Donde } T_{ep} = \text{Media exterior } ET^*_{\text{exterior media}}$$

Ecuación 9

Donde:

T_n = temperatura neutral

$ET^*_{\text{exterior media}}$ = Media exterior, nueva temperatura efectiva

4.- La investigación que desarrollo Bravo y González-Cruz, se realizó en la ciudad de Maracaibo, Venezuela la cual tiene un clima cálido húmedo, y se extendió de 1998 a 2001. Tres de los cinco estudios fueron hechos en edificios con aire acondicionado, uno de ellos es un edificio de oficinas y los otros dos periodos de análisis fue en un edificio de uso educativo. Los otros dos estudios fueron hechos en vivienda con ventilación natural.

Para su investigación se seleccionó como elementos a analizar: las características constructivas del edificio, el tipo de ropa y las actividades desarrolladas por los sujetos de estudio. Como parte de la percepción del confort térmico se utilizó las preguntas que propone la ISO 10551. Se midieron de forma simultánea la temperatura del aire, la temperatura de globo negro, la humedad relativa y la velocidad del aire. Las características térmicas de la ropa y la actividad metabólica fueron estimadas para cada sujeto.

La muestra total del estudio fue de 191 sujetos, de los cuales 136 fueron en edificios con aire acondicionado y 55 en edificios con ventilación natural. El método de selección de los encuestados fue de tipo no aleatorio por disponibilidad de los mismos. El modelo generado con base en edificios con aire acondicionado y ventilación natural mediante regresión el siguiente:

$$T_n = 0.57T_g + 11.2$$

Ecuación 10

Donde:

T_g = Temperatura de globo negro

Investigaciones internacionales con desarrollo de modelos multivariados

5.- La investigación realizada por Nikoloupoulou (2004), elaboró modelos de confort térmico para espacios públicos exteriores; se propuso desarrollar modelos simples con bases de datos ya existentes de cada una de las ciudades en donde se llevó a cabo el proyecto, -Atenas, Tesalónica, Milán, Friburgo, Kassel, Cambridge y Shelffield- lo que resultó en la propuesta de ecuaciones lineales simples para predecir el confort, basadas en

datos meteorológicos como temperatura del aire, radiación solar global, velocidad del viento, humedad relativa, para cada una de ellas.

A partir del proyecto redescubriendo el espacio público (RUROS por sus siglas en ingles), Nikolopoulou propuso un modelo combinado de predicción para el confort térmico que según la autora, es representativo para los diversos climas de la región europea. La ecuación propuesta fue la siguiente:

$$ASV = 0,049 \cdot Tar + 0,001 \cdot S + 0,051 \cdot Var + 0,014 \cdot HR - 2,079_11$$

Ecuación

Donde:

ASV = es el voto real de la sensación térmica, adimensional.

Tar=Temperatura del aire

S= Radiación solar

Var= Velocidad de viento

HR= Humedad relativa

Los limitantes de esta ecuación es que las temperaturas del aire válidas para la misma son entre 5 °C a 35 °C y los datos que se utilizan son provistos por las estaciones meteorológicas de las localidades; con base a todos los estudios realizados, Nikoloupoulou afirma que en de acuerdo a los cálculos de la formula y un análisis comparativo, en un verano en Atenas es posible reducir hasta 2°C la temperatura del aire en un área densamente sombreada, una reducción entre 40% a 80% de la radiación solar global y la reducción entre un 60% a un 80% de la velocidad del aire.

6.- Por otro lado, la Corporación Fujita realizó algunos estudios sobre el monitoreo de la sensación térmica de sujetos que permanecen en espacios exteriores, el responsable este proyecto fue Noguchi y como asesor estuvo Givoni, la investigación se realizó de 1994 a 1995.

El proyecto se llevó a cabo en Yokohama, Japón, que tiene un clima cálido húmedo. El espacio donde se desarrolló el estudio fue en espacios exteriores del parque de la ciudad con estaciones de análisis en áreas con asfalto y áreas verdes. Las variables analizadas fueron: temperatura del aire (a la sombra), humedad relativa, velocidad del aire, radiación solar horizontal, temperatura de superficie del piso terminado del entorno inmediato, se

consideró también el efecto de sombreado por vegetación, se tomó en cuenta la actividad metabólica y el nivel de arropamiento. La información se recabó para verano e invierno.

El cuestionario que se utilizó fue basado en la norma ISO 10551, pero incluye una modificación sobre niveles de confort, denominada “súper confort” que considera la posible sensación de placer por tener el efecto del aire fresco en verano y la radiación solar en invierno. El experimento se desarrolló con seis personas, tres hombres y tres mujeres, con edades entre los 20 y 50 años, se trabajó en parejas de hombre-mujer quienes permanecían por 20 minutos en cada estación de análisis y posteriormente se movían a otra estación.

El modelo generado en el estudio, mediante el análisis de datos y un factor múltiple de regresión a partir de cinco variables fue:

$$ST = 1.7 + 0.1118 Ta + 0.0019 RS - 0.322 Vv - 0.0037 HR + 0.0054 Ts \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

ST = Sensación térmica

Ta = Temperatura del aire

RS = Radiación solar

Vv = Velocidad de viento

HR = Humedad relativa

TS = Temperatura de superficie del piso terminado del entorno inmediato

7.- Los trabajos de Blazejczyk (1996) culminaron con el desarrollo del *man-environment heat exchange (MENEX)* por sus siglas en inglés), modelo de intercambio de calor entre el hombre y el ambiente. Éste utiliza el balance térmico del cuerpo humano, considerando la producción de calor metabólico por medio de la ISO 8996:1996 (ratificada en el 2004), y los intercambios con el medio. Las peculiaridades del modelo son: el cálculo de las pérdidas evaporativas por la piel considerando un coeficiente de ponderación por sexo (1,0 para hombres y 0,8 para mujeres), el cálculo de las pérdidas por radiación de onda larga por la piel con ponderación debida a la nubosidad, y además, el cálculo de la radiación solar a través de modelos específicos.

El culmino de la investigación repercutió en el desarrollo de la fórmula de intercambio de calor entre el hombre y el ambiente (MENEX), la cual se presenta a continuación:

$$M + R + E + \text{Res} + C + L = S$$

13

Ecuación

Donde:

M: es la ganancia de calor del metabolismo

R: Radiación solar absorbida por el cuerpo

E: pérdida de calor por evaporación

Res: Pérdida de calor respiratorio

C: intercambio de calor por convección

L: intercambio de calor por radiación de onda larga

S: almacenamiento de calor neto

8.- Höppe en el año 2000, estableció una comisión en la sociedad internacional de biometeorología (*ISB*, por sus siglas en inglés, presidida por Jendritzky y de Dear) para el desarrollo de un Índice térmico universal (Jendritzky et al., 2002) para integrar nuevos conocimientos al campo de la biometeorología, además de mejorar las evaluaciones del ambiente térmico al aire libre. Desde 2005, estos esfuerzos fueron reforzados por la Acción 730 de la Cooperación en Ciencia y Desarrollo Técnico (*COST* por sus siglas en inglés) que proporcionó la base para que científicos europeos de 19 países más expertos de Australia, Canadá, Israel y Nueva Zelanda, logaran el objetivo planteado.

El índice térmico climático universal (*UTCI*, por sus siglas en inglés) se realizó por medio de un procedimiento de evaluación basado en el modelado termofisiológico relacionado con la respuesta humana y su intercambio de calor con el medio ambiente; el término "universal" debe entenderse respecto de lo apropiado en las evaluaciones de las condiciones térmicas al aire libre en los principales campos de la biometeorología humana, como los pronósticos y avisos diarios de clima extremo para prevenir morbilidad y mortalidad en la población, a la cartografía bioclimática, la planificación urbana y regional, la epidemiología ambiental y el campo de la investigación climática general.

El modelo que se desarrolló se basó en el proceso de la evaluación de la relación causa efecto del ambiente térmico con los individuos; por lo tanto, éste tuvo que cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Tomar en cuenta la importancia del aspecto termofisiológico en toda la gama de condiciones de intercambio de calor de los entornos térmicos existentes
- 2) Válido en todos los climas, estaciones y escalas.
- 3) Útil para aplicaciones clave en biometeorología humana.

El índice fue calculado en dos diferentes métodos, el primero se basa en el modelo balance térmico de Fiala y el segundo en base a un modelo de regresión lineal múltiple (Błażejczyk and Kunert, 2011); para este caso, se utilizó el modelo de regresión lineal (Błażejczyk, Kuchcik, Błażejczyk, Milewski, Szmyd, 2013) cuya expresión se puede observar en la ecuación 2; el desarrollo del índice consistió en el análisis de casi 30 000 elementos de información de: temperatura del aire (dentro del rango de -50,0 a 47,5 ° C), presión de vapor de agua (rango 0,02-38,35 hPa), velocidad del viento (0,5-22,0 m/s⁻¹) y temperatura radiante media (entre -67,4 y 76,9 ° C).

$$UTCI^* = 0,84 \cdot ta + 0,246 \cdot Tmrt - 2,45 \cdot v + 0,204 \cdot vp - 0,01 \quad \text{Ecuación 14}$$

De la cual:

UTCI= Índice térmico climático universal

ta= temperatura de aire (°C).

Tmrt= temperatura radiante media (°C).

v= velocidad de viento a 10 m sobre el nivel de suelo (m/s).

vp= presión de vapor en el ambiente (hPa).

9.- Aroztegui (1995) propuso, al tomar como referencia el trabajo de Humphreys, la Temperatura Neutra Exterior (Tne), definida con base en las mismas variables que componen la Temperatura Neutra Interna, al adecuar la misma con la adición de variables relativas a la radiación solar y la velocidad del viento.

Con respecto a esas variables, el autor afirma que la primera, debe reunir no sólo la radiación directa del sol, sino también el aspecto del cielo y las reflexiones del entorno. Con respecto a la segunda, coloca que es afectada en el espacio y en el tiempo por la morfología del lugar a la altura de los sujetos. Como estas variables son de difícil apreciación, fue necesario aceptar ciertas simplificaciones. En base al índice de estrés

térmico (ITS) de Givoni (1969), el autor propone una ecuación empírica que considera las variables características del exterior con relación a la temperatura neutra interior.

El desarrollo del modelo partió de las siguientes características: una tasa de sudoración en actividad sedentaria y condiciones medias para las características del individuo (ropas 0,8 clo) y del entorno (humedad relativa entre 35% y 65%), se determinó la ecuación de la Temperatura Neutra Exterior.

$$T_{ne} = 3,6 + 0,31 t_{mm} + \{100 - 0,1 R_{dn} [1 - 0,52 (v^{0,2} - 0,88)]\} / 11,6 v^{0,3} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

T_{ne} = Temperatura Neutra Exterior, en °C

T_{mm} = temperatura media mensual, en °C

R_{dn} = radiación solar directa normal, en W / m²

v = velocidad del aire, en m / s

Investigaciones y desarrollos de estudios sobre confort térmico internacionales

10.- De Freitas (1997) desarrolló su investigación en clima en espacios recreativos, donde presenta un modelo sobre capacidad de almacenamiento, el cual se puede entender como el contenido hipotético de calor que una persona, con temperatura de la piel constante de 32°C y un aislamiento de ropa igual a 1 clo consigue almacenar en condiciones climáticas normales. El modelo en el cual se auxilió para realizar los cálculos matemáticos fue el MENEX, de Blazejczyk (1996), a continuación, se presenta la escala de interpretación usada por de Freitas.

- -281 W/m² el individuo está extremadamente caluroso.
- -281 a -185 W/m² el individuo está muy caluroso
- -184 a -111 W/m² el individuo está caluroso
- -110 a -50 W/m² el individuo está poco caluroso
- -49 a 16 W/m² el individuo está en confort
- 17 a 83 W/m² el individuo está un poco frío
- 84 a 161 W/m² el individuo está con un poco de frío
- 162 a 307 W/m² el individuo está con mucho frío

- $> 307 \text{ W/m}^2$ el individuo está extremadamente frío

El resultado de sus trabajos fueron el desarrollo de la temperatura para el equilibrio de balance térmico (*Skin Temperature Equilibrating heat balance*, STE). Tabla 1

Tabla 1.- Temperatura de la piel por balance térmico (STE)

STE (°C)	Sensación
$< 21.1^\circ\text{C}$	Extremadamente frío
21.1 – 25.9	Muy Frío
26.0 – 29.0	frío
29.1 – 30.8	Poco frío
30.9. 32.2	Confortable
32.2 – 33.3	Poco caluroso
33.4 – 34.4	Caluroso
34.5 – 35.2	Muy caluroso
> 35.2	Extremadamente caluroso

Fuente: Marques-Monteiro (2008)

11.- En el intento de climatizar los espacios exteriores de la Expo de Sevilla en 1992, fue un proyecto integral del programa de desarrollo patrocinado por la Sociedad Estatal Expo'92, que comenzó en diciembre de 1987 y terminó en abril de 1992 con la apertura oficial del evento. El objetivo principal era encontrar soluciones técnicas y económicamente viables que permitan mejorar las condiciones de confort en los espacios exteriores.

El estudio tuvo una característica multidisciplinaria, coordinado por el Grupo de Termotecnia del Departamento de Ingeniería Energética y Mecánica de Fluidos de la Universidad de Sevilla y bajo la supervisión del Departamento Técnico de la Expo. También contó con el apoyo financiero y la colaboración de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Junta Andalucía y el Instituto de Energías Renovables del CIEMAT, una organización vinculada al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Los

resultados de la encuesta y posterior evaluación fueron puestos dados a conocer, por medio de dos informes de que el Grupo de Termotecnia (Domínguez et al. 1998).

En cuanto a la evaluación del diseño de los espacios abiertos de la Expo de Sevilla, Domínguez et al. (1992) se reconoce que para una situación de confort térmico es necesario tasas de sudoración mínimas, sin embargo, es necesario permitir niveles variables de la en relación a las necesidades de confort en el espacio que se analiza, y los requerimientos de este.

Es así, que para áreas de circulación y estar, donde se necesita el acondicionamiento bioclimático, se recomendó una tasa de sudoración de 90 g /h, para áreas donde se requiere en mayor intensidad, y reducida 60 g /h al no necesitarse.

12.- Por su parte, en 1998 Osland realizó para la ASHRAE un estudio de tipo transversal (similar al Paktrans) sobre confort térmico conocido como Aberdeen - Oxford (ABNOX). El trabajo se llevó a cabo en Aberdeen (norte de Inglaterra) y Oxford (sur de Inglaterra), ambas regiones con clima marítimo templado. Los edificios estudiados fueron oficinas, algunas con aire acondicionado y otras con ventilación natural. Las variables analizadas fueron la temperatura del aire, la temperatura de globo negro, la velocidad de viento, la humedad relativa, la actividad metabólica y el nivel de arropamiento. Por las características del equipo utilizado, los datos recabados son clase I, según la clasificación de Brager y de Dear (1998). El cuestionario se basó en la escala de confort térmico de ASHRAE y se aplicaron 20 000 observaciones aprox. de sujetos voluntarios.

Investigaciones nacionales

13.- Gómez-Azpeitia (2007) lideró un proyecto sobre confort térmico en vivienda financiado por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) en diferentes ciudades de México (Colima, Culiacán, Hermosillo, La Paz, Mérida, Mexicali y Veracruz). Los climas analizados fueron cálido húmedo, cálido subhúmedo y cálido seco. Los edificios donde se llevó a cabo la aplicación de encuestas fueron viviendas de bajo costo (clasificadas por la CONAVI como de tipo económico), algunas de ellas con aire acondicionado y otras ventiladas naturalmente.

Las variables analizadas fueron la temperatura del aire, la temperatura de globo negro, la velocidad de viento, la humedad relativa, la actividad metabólica y el nivel de arropamiento. Por las características del equipo de medición utilizado, la base de datos generada es clase I.

El cuestionario se basó en la ISO 10551 (2019) y contó con la asesoría de González-Cruz y Givoni. El tamaño total de la muestra fue de aproximadamente 1 800 observaciones y el método de selección para la aplicación del cuestionario fue de tipo aleatorio para el edificio (vivienda), pero de tipo no aleatorio para los sujetos.

El procesamiento, la correlación y el análisis de datos se llevaron a cabo por el método estadístico de *Medias por Intervalos de Sensación Térmica*. Se desarrolló un modelo por ciudad y se estimaron las temperaturas neutras y los límites de confort térmico correspondientes por periodo de estudio. La muestra total fue de 608 observaciones y el método de selección para la aplicación del cuestionario fue de tipo aleatorio para el edificio, pero de tipo no aleatorio para los sujetos. Se desarrolló un modelo general que es el siguiente:

$$T_n = 33.7 - 0.33T_m$$

Ecuación

Donde:

T_n : Temperatura neutra

T_m : Temperatura media

14.- Por su parte, Bojórquez (2010) Investiga el efecto del entorno climático en las personas en espacios exteriores de espacios de recreación en clima cálido seco. El caso de estudio fue un centro recreativo al aire libre. Se hizo el estudio de campo mediante la colecta de datos meteorológicos y levantamiento de encuestas e información de las personas que desarrollan sus actividades en el citado espacio, en distintas épocas del año.

Por medio del análisis correlacional se estudió la sensación térmica de las personas por cada temporada en relación con cada parámetro ambiental medido; se analizaron la temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento y temperatura de globo

gris, además del arropamiento de los sujetos, factores fisiológicos como temperatura interna, externa y ritmo cardiaco. En el estudio se concluye que las condiciones distintas por período analizado y el tipo de actividad realizada difieren con las sensaciones térmicas y las variables meteorológicas, por lo que se afirma que cada variable actúa por separado en la sensación térmica.

Desarrolló modelos anuales, por temporada y por nivel de actividad física, en este caso se retomaron los de actividad intensa y se enlistan en la siguiente secuencia:

TEMPORADA:	ANUAL	FRÍO	TRANSICIÓN	CÁLIDO
TEMPERATURA BUBLO SECO	$V_n=0,23TBS-1,1$	$V_n=0,85TBS-9,5$	$V_n=0,34TBS-3,5$	$V_n=0,7TGG-19,9$
HUMEDAD RELATIVA	$V_n=-0,26HR+13,1$	$V_n=-0,21HR+12,2$	$V_n=-0,25+11,5$	$V_n=0,39HR-18,7$
VELOCIDAD DE VIENTO	$V_n=-11,0VV+13,4$	$V_n=-59,7VV+30,8$	$V_n=-8,8VV+16,9$	$V_n=-5.9VV$
TEMPERATURA DE GLOBO GRIS	$V_n=0,22TGG-0,88$	$V_n=1,01TGG-0,98$	$V_n=0,31TGG-2,8$	$V_n=0,7TGG-20,7$

Donde:

V_n : valor neutral

TBS: Temperatura de bulbo seco

HR: Humedad relativa

VV: Velocidad de viento

TGG: temperatura de globo gris

15.- Ochoa, Marincic, y Alpuche (2006) analizan los parámetros y factores que influyen en la sensación de confort, considerando las condiciones micro climáticas específicas de los espacios exteriores urbanos en climas desérticos. Realizaron un estudio de campo hecho en la ciudad de Hermosillo, en el Desierto de Sonora. Realizaron mediciones de parámetros ambientales a la vez que se encuestaba a las personas sobre su sensación térmica y otros factores relacionados.

Del estudio concluyen que existe un grado de aclimatación por estación. También se observó que, en las condiciones de la ciudad de Hermosillo, a mayor velocidad de viento el confort era mayor, excepto cuando las temperaturas son mayores a 40°C, donde la sensación de confort cambia de manera repentina a ser muy caliente. El estudio solo presentó resultados preliminares por lo que los autores señalan la necesidad de la

recolección de datos en distintas horas del día, incluso en la noche (Ochoa, Marincic, & Alpuche, 2006).

Ochoa, Marincic, e Isalgúe (2006) llevaron a cabo mediciones de los principales parámetros climáticos, así como una encuesta sobre la sensación de confort térmico a personas situadas en espacios interiores y exteriores. El modelo de confort térmico utilizado para el análisis fue el PMV al cual se le integró un factor de adaptación con el fin de adecuarse a distintas condiciones climáticas.

Los datos climáticos recolectados en campo fueron correlacionados con las sensaciones de confort respondidas por las personas. Se utilizó también el modelo del programa ACT para la evaluación del confort térmico desarrollado por Isalgúe y Serra (1992), el cual es usado para clima mediterráneo.

A través del modelo en el programa se buscó ampliar su validez en otras condiciones climáticas; Cabe mencionar que el modelo en el que se basa ACT considera la adaptación a corto plazo (debida a cada estación), pero no para un período largo (como un clima en específico). Plantearon así una ecuación como primera aproximación la que plantea una dependencia lineal de la temperatura de confort con las temperaturas a las que el cuerpo se ha sometido:

$$T_{be} = 25.5 + T_m/5 \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

T_{be} = nueva temperatura base de referencia (temperatura de confort)

T_m = Temperatura media anual exterior

Cabe destacar que esta ecuación no fue desarrollada para bajas temperaturas. Así mismo, la ecuación subestimó la adaptación de las personas a las temperaturas muy altas manifestado en valores más altos de PMV, por lo que para tener una aproximación más adecuada proponen la ecuación:

$$PMV(ajust.) = PMV(calculado) * 1.75 + 3.34$$

Ecuación 18

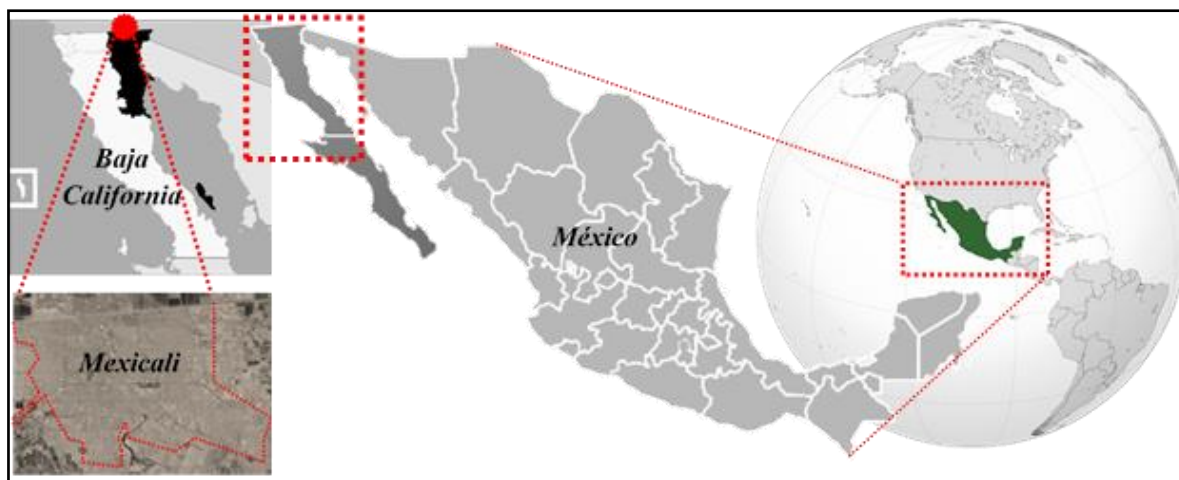
Estas dos últimas ecuaciones que se presentan son el modelo adaptativo que se agrega al que originalmente era para clima templado (Ochoa, Marincic e Isalgué, 2006).

1.7.6.- Caso de estudio: Mexicali, Baja California.

El municipio de Mexicali, en el estado de Baja California, al noroeste de México está ubicado en la región del valle conformado por el río Colorado en el extremo este y la sierra Cucapah en la parte oeste. Tiene una superficie de alrededor de 13.700 km², lo cual representa cerca del 18% de la superficie total de la entidad, y 0,7% del país.

El municipio de Mexicali colinda al norte con el estado de California (Estados Unidos de América), al este con el estado de Arizona (Estados Unidos de América) y el estado de Sonora, específicamente el municipio de San Luis Río Colorado; al sur, sur-este, colinda con el mar de Cortés, y el municipio de Ensenada mientras que al oeste y sur-oeste con el municipio de Tecate y Ensenada respectivamente.

La ciudad se encuentra ubicada en las coordenadas 32,65° N y 115,45° W (Figura 1); dispone de puertos fronterizos hacia Calexico y su relación en el Sistema de Ciudades se extiende hasta Palm Springs en California y Yuma en Arizona, localidades de Estados Unidos, la zona costa de la entidad, el Mar de Cortés y el estado de Sonora (IMIP, 2012).



Fuente: Elaboración propia (2018).
Figura 1.-Localización geográfica y global de Mexicali.

Según el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI) al 2010 la ciudad contaba con 689 775 habitantes de un total de 936, 826 en el municipio, en lo que respecta a la estructura por edad de la población (Tabla 10).

La principal actividad económica que se realiza en la Mexicali es la industrial, la cual aporta aproximadamente el 30% de los empleos generados en la ciudad (IMIP, 2012). El crecimiento de la ciudad es horizontal, dadas las características topográficas del terreno donde se encuentra asentada, cuenta con una pendiente que va de 0% al 2%; el mayor crecimiento se ha visto hacia el oriente de la ciudad con las urbanizaciones nuevas de interés social que se realizaron en el periodo correspondiente al 2001-2010; (IMIP, 2012).

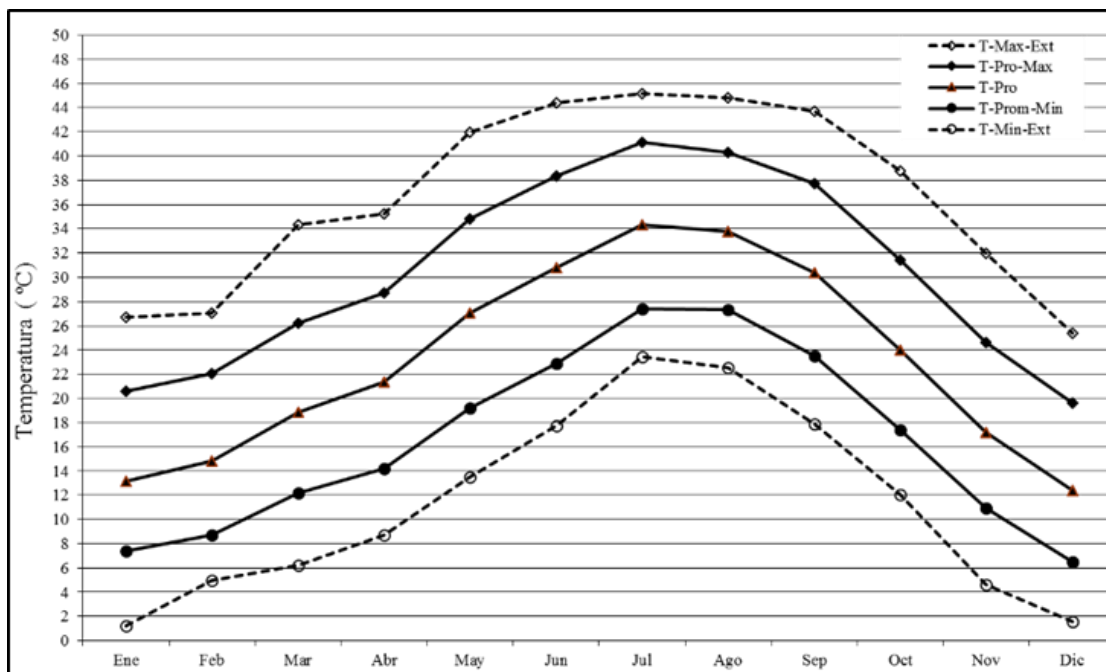
1.7.6.1.- Bioclima de Mexicali

Según la clasificación climática de Köppen adaptado por García (1981), se determinó que el clima de Mexicali B.C., es del tipo BW (h'') hs (x'') (e''). El cual indica un clima seco extremo, con temperatura media anual mayor a 22,0 °C en el mes más cálido y en el mes más frío mayores a 18,0 °C, con régimen de lluvias en invierno.

Para el análisis del bioclima de Mexicali, Baja California se utilizó un archivo de año típico con datos históricos medidos hasta el 2010, proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, con el cual se estudió el comportamiento de las variables de forma horaria con la hoja de Diagnóstico Bioclimático desarrollada por Luna (2008), el uso del simulador térmico TRNSYS 16 y MetreoNorm (Urias, 2015).

Los valores promedio de temperaturas (T), sobrepasan los 22,0 °C en los meses de mayo a octubre. Los máximos registros se dan en el periodo cálido que abarca de mayo a septiembre, donde los valores máximos de temperatura se dan en el mes de julio, con promedio de máximas de 42,0 °C y máximas extremas de 45,0 °C.

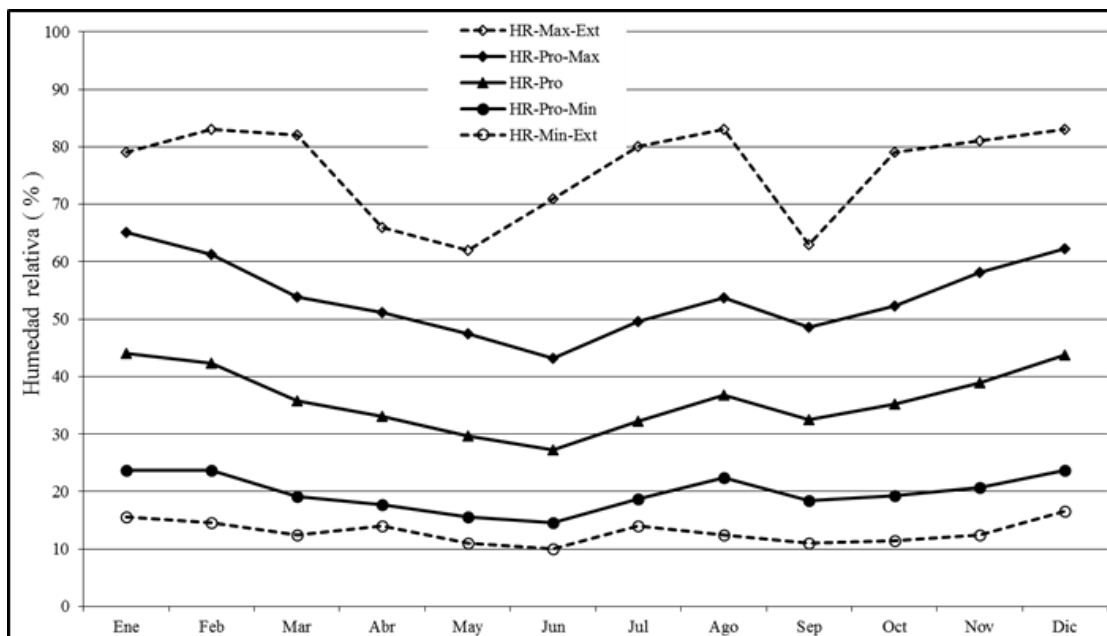
El periodo frío comprende los meses de diciembre, enero y febrero. El periodo crítico durante esta época se presenta entre las últimas dos semanas de diciembre y la primera semana de enero, con temperaturas promedio de mínimas de 9,0 °C, con mínimas extremas de 2,5 °C, lo cual se puede extender hasta días aislados con estas características en febrero (Figura 2).



Fuente: Bojórquez (2010).

Figura 2.- Comportamiento de la temperatura de bulbo seco anual de la ciudad de Mexicali.

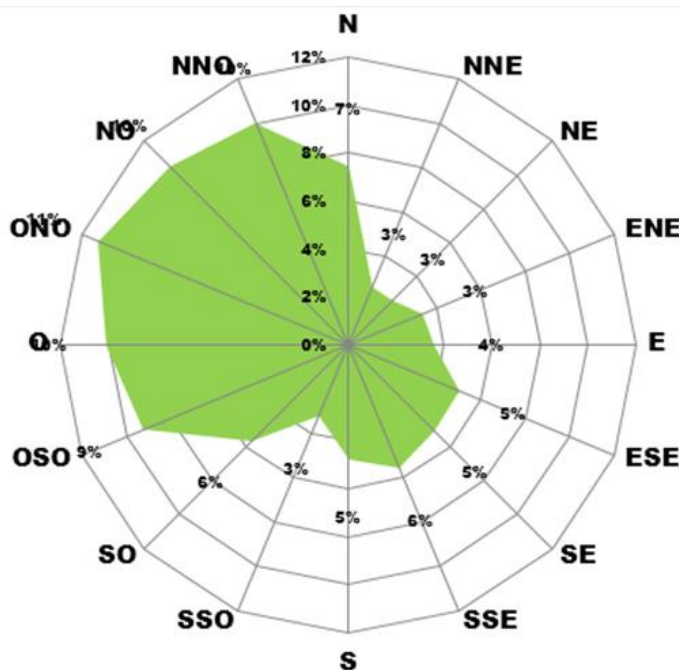
La humedad relativa (HR), Los meses donde se dan los valores máximos de humedad relativa (HR) son enero, febrero y octubre con promedios (HR-Pro-Max) de entre 60 y 65% y con humedades máximas extremas (HR-Max-Ext) de hasta el 100%. En lo que respecta a la humedad relativa promedio mensual (HR-Pro), se cuenta con un valor menor 35% de humedad relativa durante 6 meses del año (Figura 3). A partir del mes de julio se registra un incremento de humedad a valores promedio de máximas de entre 55 y 65% hasta el mes de agosto, con valores promedio mensuales de entre 33 y 42% (Luna, 2008, Bojórquez, 2010).



Fuente: Bojórquez (2010).

Figura 3.- Comportamiento anual de la humedad relativa en la ciudad de Mexicali.

Así mismo, la velocidad de viento (VV) es variable a lo largo del año pues se tienen valores que van desde los 0,10 m/s hasta 8,0 m/s, con las velocidades máximas en el mes de marzo, en contraparte julio y agosto son los que cuentan con velocidades mínimas de viento (figura 4).



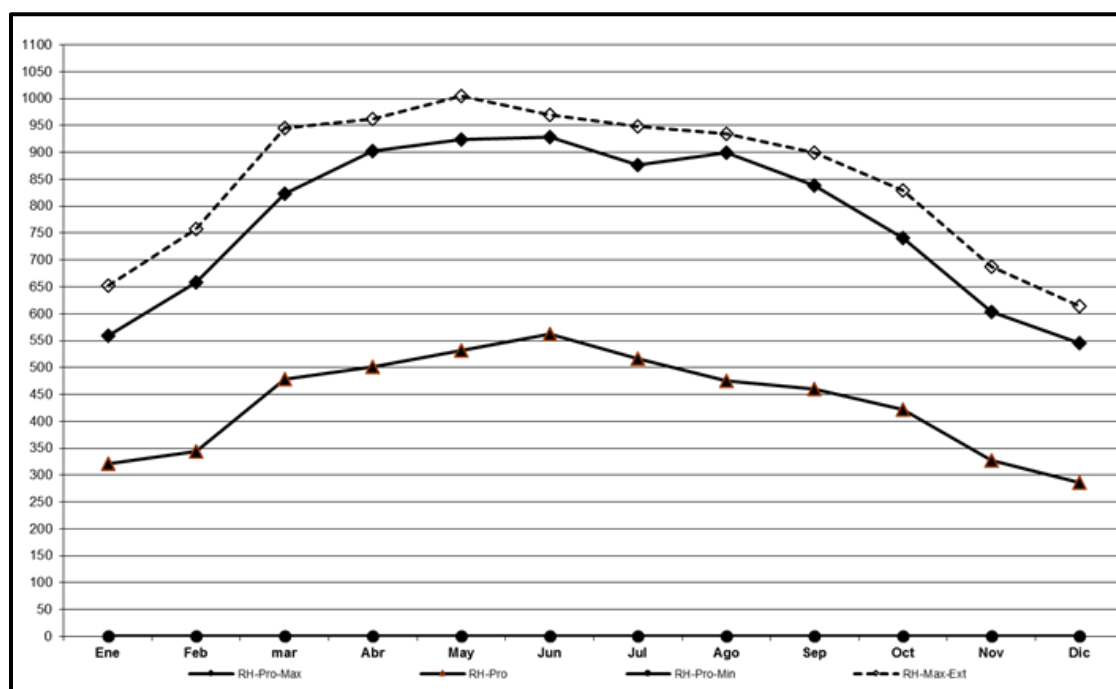
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.- Comportamiento anual de la dirección del viento en Mexicali.

El viento dominante con una frecuencia de 27% proviene del noroeste, siguiéndole en orden de importancia los del sureste (24%), suroeste (22%) y oeste (19%); con menor frecuencia ocurren del noreste y del este (Luna, 2008).

El flujo anual en la región en dos direcciones principales, aquellos que provienen del occidente, que tienen una frecuencia de 68% y que se presentan desde el noroeste hasta el suroeste; el resto de los vientos dominantes en el periodo de cálido más que nada provienen del noreste, este y sureste con un porcentaje de frecuencia de 32%.

En cuanto la radiación solar, se tiene que los meses con mayores valores se encuentran en el periodo cálido, con un máximo de 937 W/m^2 en julio, con una radiación en periodo frío máxima de 345 W/m^2 ; se puede llegar a tener una radiación máxima de 1005 W/m^2 ; Los meses con menor radiación solar son enero y diciembre con un promedio diario máximo 560 W/m^2 (Luna, 2008) (Figura 5).



Fuente: Bojórquez (2010)

Figura 5.- Comportamiento anual de la radiación solar en la ciudad de Mexicali

CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

En este apartado se hace referencia a los conceptos teóricos e información que se encuentran relacionados con el desarrollo de la investigación, como son espacio público, confort térmico y percepción de la sensación térmica, consumo de oxígeno, salud y deporte, instrumentos de medición e instrumentos de evaluación, así como métodos de análisis de datos.

2.1.- ESPACIOS PÚBLICOS EXTERIORES

Los espacios públicos exteriores son zonas dentro de un entorno urbano donde se dan los encuentros entre los habitantes de las ciudades. Éstos se pueden llegar a usar para esparcimiento, recreación, diversión y propician a su vez cultura; el hombre desarrolla en ellos parte de sus actividades cotidianas y es por eso que estos sitios pueden llegar a promover intercambios de proximidad o relaciones; son espacios que dan forma a la vida cotidiana de las personas.

La estructuración de los espacios públicos exteriores se da por la integración de componentes relacionados de tal manera, que conforman el espacio en sí; como lo son los paisajes, la Arquitectura, el mobiliario urbano, la señalética, los símbolos, hitos, las sendas; todo este conjunto de elementos diversos conforma un espacio público. De aquí que sea considerado por muchos un sistema complejo: “Es un fenómeno cuantitativo, una cantidad extrema de interacciones e interferencias entre un número muy grande de unidades” (Morin, 2008).

Por lo tanto, todas aquellas áreas transitables públicas o privadas son denominadas espacios exteriores, es en ellas donde los usuarios en lo individual o colectivo pueden realizar actividades como el de agruparse y comunicarse. Se han desarrollado diferentes definiciones que hablan de la igualdad de espacios exteriores y espacios abiertos, donde mencionan que estos son todas aquellas áreas geográficas delimitadas por edificios y vegetación, y que no se encuentra cubierta por alguna estructura permanente (Ashihara, 1982).

Es el caso de los espacios exteriores o abiertos, los cuales se entienden dentro de la lógica de la Arquitectura, como aquellos que carecen de techo, delimitados por elementos como muros, pisos, vegetación, y donde la mayoría tienen carácter público y en el cual se realizan actividades de recreación, deportivas, socioculturales y de circulación, de la manera que más le convenga a los habitantes de la ciudad.

Es común que las personas se confundan entre el significado de espacios exteriores y espacios abiertos, porque, aunque estos tengan semejanzas son dos tipos diferentes de espacios, los cuales se deben entender por sus sutiles distinciones.

La Real Academia de la Lengua Española, dice que la palabra “Exterior” es utilizada como un adjetivo y sustantivo y es definida como: *“Que está por la parte de fuera”* y la palabra “Abierto” como un adjetivo, definida como: *“No murado, no cercado”*. Por lo que hablar de espacios abiertos, debe ser entendido como una característica descriptiva del espacio, y el hablar de espacios exteriores, es hablar de una relación de orientación espacial Interior-Exterior y no de su descripción física (Hernández, 2012).

Con lo anterior se puede deducir que los espacios públicos exteriores son aquellos que contienen o delimitan a los espacios interiores, que no se encuentran techados por ningún tipo de plano o cubierta, que tienden a ser públicos o privados y que en ellos se realizan actividades sociales diversas por parte de la población.

Los espacios exteriores están predispuestos a ser clasificados desde un enfoque arquitectónico con bases culturales y de tiempo, por sus características funcionales y específicas. Los tipos de espacios mayormente representativos son aquellos que se encuentran con frecuencia dentro del contexto urbano y rural, como lo son el: Andador, atrio, azotea, calle, corral, huerta, estacionamiento, jardín, parque, patio, plaza, plazoleta, portal, remanente y la terraza.

En éstos es recurrente que se realicen actividades como jugar, deambular, agrupamiento social, delimitación, estar-descansar, comercio, comunicar, ornamental, que los habitantes de una ciudad podrán realizar estas, en medida que los ambientes térmicos estén aptos para esto.

2.1- Tipología

En este trabajo, el estudio de los espacios públicos exteriores deriva del uso de estos para el desarrollo de actividades sociales adecuadas, siempre enfocándolo al entendimiento de los procesos de confort térmico en los mismos. La importancia que tienen estos en las actividades sociales de los habitantes de las ciudades, es un factor importante en el diseño del conjunto de cualquier proyecto arquitectónico y urbano.

Los espacios públicos exteriores de carácter público son aquellos en los cuales los habitantes pueden acceder en todo momento sin importar un horario, un registro o un permiso para su libre tránsito y permanencia, lo cual permite realizar actividades y usos que van desde la recreación hasta el comercio, lo que facilita una interacción social importante entre los habitantes.

Sin embargo, dadas las condiciones complejas y la evolución que dichos espacios presentan, se hace necesario identificar y analizar los diferentes tipos, que, al depender de su condición pública, semi-pública o privada tendrán variaciones no sólo en su nivel de acceso, sino también en los usos y actividades que se desarrollen en estos (Bazant, 2010).

Los espacios abiertos urbanos se clasifican en tres tipos que son: la calle, la plaza y el parque. Estos espacios son los que mayor predominio tienen dentro de la ciudad; los camellones, banquetas y andadores pueden ser tomados como elementos independientes, pero estos a su vez son conformadores importantes de la calle en sí (Cabeza, 1996; Palomares, 2011). Todos ellos integran la estructura urbana a la par con las construcciones y edificios que son denominados espacios interiores o cerrados (ver tabla 1a).

Tabla 1a.- Clasificación de los espacios públicos exteriores.

TIPOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS
Plaza	- Es un espacio de encuentro y esparcimiento, estar y reunirse. - permite el desarrollo de una amplia gama de actividades y usos (Figura 6). - Es el resultante de los paramentos, calles y/o barreras físicas naturales en torno a un espacio al aire libre delimitado.

	- Elemento articulador dentro de las ciudades. - La ocupación y uso de una plaza no siempre tiene que ver con su tamaño o forma, sino con el grado de identificación de los habitantes con ella (Cooper & Francis, 1998). - Elementos conformadores: explanadas, kioscos, jardineras, fuentes y monumentos - Hace posible generar vínculos de identificación entre los habitantes y la ciudad.
	 Fuente: Palomares, (2011). Figura 6.- Plaza Navona, Roma, Italia.
Parque	- Espacio diseñado y planeado para la recreación y esparcimiento de los habitantes. - Es el resultante de los paramentos, calles y/o barreras físicas naturales en torno a un espacio al aire libre delimitado. - Elementos integrantes: las jardineras, senderos, áreas de juego y gimnasia, explanadas, monumentos y fuentes - Las actividades y usos que se realizan dentro del parque son diversas y van desde practicar algún deporte, descansar o contemplar el espacio
	 Fuente: Palomares, (2011). Figura 7.- Parque de los Venados, Ciudad de México.
Calle	- Permite el tránsito y comunicación de los habitantes de un punto a otro en la ciudad. - Tienen áreas definidas para tránsito peatonal y vehicular, identificadas por banquetas y arroyo vial respectivamente, al incluir en algunos casos los camellones. - La percepción que los habitantes tiene de la calle dependerá de la distancia entre

	sus paramentos, la altura y continuidad de éstos, así como de la vegetación para mejora de microclima, mobiliario urbano y las proporcione entre las banquetas y el arroyo vial la cual esta percepción dependerá de la condición de peatón o automovilista. - Crean el escenario en el cual los edificios se entienden como parte de un conjunto y no sólo como objetos aislados en la ciudad. - Carácter público
--	--

Fuente: Elaboración Propia.

2.1.2- Confort térmico en espacios exteriores

La sensación térmica de confort en espacios exteriores, con bioclimas extremos, determinan la densidad y periodicidad de uso de estos. Es necesario entender las relaciones causales que originan que un espacio creado para la recreación o la convivencia sea subutilizado debido a las condiciones de ambiente térmico (Bojorquez, 2010).

En exteriores los parámetros que influyen en el confort térmico, aun cuando tienen puntos similares al confort en interiores, se encuentran dentro de una gama de variabilidad, temporalidad, espacio y actividades; debido a esta complejidad existen pocas intenciones de entender el confort térmico en exteriores (Höppe, 2002).

Un espacio exterior con niveles de confort térmico adecuados implica la mejora de las condiciones de habitabilidad del mismo (Nikolopoulou, 2004), porque las soluciones para conseguir el confort implican el aumento de vegetación y cambio de pavimentos que sustituyan al máximo posible las zonas asfaltadas y mejorar con esto el paisaje urbano al favorecer la creación de un entorno urbano de mayor calidad y habitabilidad, pero estas recomendaciones no pueden ser tomadas al pie de la letra, porque no todas las ciudades tienen las mismas condiciones con lo que sus requerimientos cambiarán.

La habitabilidad del espacio público se compone de variables ergonómicas, psicológicas y fisiológicas. Las primeras se relacionan con las características físicas del espacio público y la forma en que éstas repercuten sobre las condiciones en las que una persona puede desplazarse. Luego estarían las variables psicológicas que inciden en el grado de atracción del espacio público para las personas. Y finalmente las variables fisiológicas que inciden sobre el confort de las personas. Este conjunto de variables relaciona las condiciones morfológicas de la calle, el clima y la presencia del flujo vehicular con los niveles

fisiológicos del cuerpo humano. Estos niveles se clasifican a su vez en: térmico, calidad del aire y el acústico.

2.2.- DEPORTE Y SALUD

La actividad física ocupacional y del tiempo libre se ha asociado a la disminución de la depresión, ansiedad y otras afectaciones de la salud (Dunn et al., 2001; Paluska y Schwenk, 2000). Descrito lo anterior, a niveles altos de actividad física se han asociado mínimos síntomas de enfermedades relacionadas con estrés o fisiológicas (Stephens, 1988).

Sin embargo, los estudios desarrollados en períodos de tiempo prolongados (longitudinales), resultan necesarios para entender completamente la asociación entre la actividad física y las afectaciones a la salud de los individuos.

El realizarla puede también tener otras ventajas psicológicas y sociales que afecten positivamente a la salud. Por ejemplo, la participación de los individuos en un deporte o en un ejercicio físico, puede ayudar a construir una autoestima más sólida (Sonstroem, 1984), una auto-imagen positiva de sí mismo (Maxwell y Tucker, 1992), y una mejora de la calidad de vida entre los habitantes de la ciudad (Laforge et al., 1999).

Estás obedecen a una combinación de la actividad física y los aspectos socioculturales que pueden acompañar esta actividad. El ser físicamente activo puede también reducir las conductas negativas de los habitantes jóvenes (Mutrie y Parfitt, 1998).

Existe una variedad de situaciones terapéuticas que están asociadas a la práctica deportiva, si se considera la actividad física como un aliado en los procesos de intervención de patologías tan frecuentes como el estrés, la ansiedad y la depresión. También, puede observarse el realizar éstas como un elemento protector para la aparición de trastornos de personalidad, estrés laboral o académico, ansiedad social, falta de habilidades sociales, disminución del impacto laboral, social y familiar del estrés postraumático.

La salud ha sido explicada y entendida con diversas concepciones, pero como en muchos otros conceptos no existe uno que lo defina completamente, y no existe una que pueda ser aplicada en todas las situaciones; a continuación, se muestran algunas de las más utilizadas:

- El concepto clásico de la salud: es lo contrario de la enfermedad con el problema de que los límites entre salud y enfermedad no están bien definidos y se mezclan constantemente (Weineck, 2001).
- Según la Organización Mundial de la Salud es “Un estado de bienestar físico, mental y social general, es decir, una ausencia de enfermedad y debilidad “.
- La salud es una medida de una escala que indica un peor o mejor funcionamiento de los sistemas orgánicos, que pueden determinarse con la ayuda de diferentes test (Weineck, 2001).

También existen innumerables definiciones que describen la salud como un estado dinámico, el cual no es posible conservar toda la vida como una propiedad estable, sino que está sujeto a numerosas transformaciones y puede ser influido en forma importante por la persona misma.

La salud es un rendimiento psicofísico individual; es la realidad de la vida, no es algo que pueda obtenerse por medios económicos, sino algo que debe conseguirse y conservarse con empeño. Como denotan los términos anteriores, la salud no puede ser definida como un estado físico puramente objetivo con las funciones orgánicas intactas. La salud también tiene una dimensión subjetiva, individual, psico-mental y social.

El deporte como actividad física para mejora de la salud provoca opiniones contradictorias, en cuanto a la inferencia benéfica o dañina para la misma (Weineck, 2001). No se tiene una definición general única. Éste se practica siempre con finalidades muy diversas; por un lado, existe el deporte de competición, donde el rendimiento tiene mucha importancia, organizado por las asociaciones o clubes y que podría clasificarse de la siguiente forma: para aficionados, para rendimiento, de elite y profesional.

Por otra parte, también existe el deporte para la salud, con el cual se pretende alcanzar un equilibrio, una recuperación o un buen estado físico, y que puede estar organizado de muy diversas formas, tanto como actividad popular, de ocio o recreación.

También se distingue el realizado por algunas instituciones, como el que se practica en el mundo de la empresa, universitario o militar, así como el deporte típico de determinados grupos de la población, como el de mujeres, minusválidos o de tercera edad.

El deporte, según Weineck, (2001), no puede valorarse de igual manera por las diversas clasificaciones mencionadas con anterioridad con lo que no se puede tener un criterio de la aportación del mismo a un buen estado de salud. Se tiene aquel de alto rendimiento, que no se practica de una forma razonable y beneficiosa para la salud; todo lo contrario, éste sobrepasa con frecuencia los límites de la capacidad de rendimiento y produce más perjuicios para la salud e incluso daños.

Así mismo, existen numerosos deportes que tienen un alto valor para la salud. Aquí habría que mencionar sobre todo los de resistencia, que son muy adecuados para la prevención de las enfermedades cardiovasculares. Junto al entrenamiento de resistencia, que ocupa un lugar preferente, también ha aumentado el que conduce hacia una reeducación de los movimientos y la fuerza, así como el entrenamiento de las capacidades de coordinación.

La reeducación de la fuerza y la movilidad sirve, ante todo, para prevenir los daños producidos por malas posturas, la osteoporosis y las dolencias de espalda. Ésta va dirigida, en primer lugar, a mejorar la agilidad y la habilidad en la vida cotidiana, y con ellos hace una aportación importante a la seguridad de la circulación viaria.

Por principio, el deporte no es sano en sí, sino que solamente es benéfico según como se practique. Toda actividad, por muy sana que sea, al ser practicada de una forma excesiva, puede alterar su efecto beneficioso y provocar daños a la salud.

También debe tenerse en cuenta que por muy sanos que puedan ser el deporte o determinadas prácticas deportivas en un determinado momento de la vida de un individuo, pueden ser perjudiciales para la salud.

Después de los 50 años, los diferentes deportes con balón, a causa de su dinamismo, pueden constituir un peligro para los músculos, el corazón y la circulación tanto para el aquellos que lo practican habitualmente y aquellos que solo empiezan a realizarlo; los procesos degenerativos que se desarrollan lentamente en el aparato locomotor o en el sistema

cardiovascular pueden hacer que no se pueda desarrollar estas actividades y en los casos extremos pueden sufrir graves lesiones o incluso la muerte.

Por lo tanto, es necesario tener en cuenta que, a partir de ciertas edades, es necesario dejar de realizar actividades deportivas físicas que conlleven a tener riesgos de morbilidad y mortalidad.

Para tener efectos benéficos para la salud cuando se practican deportes es necesario tener una continuidad de la actividad deportiva para que no se produzcan lesiones por sobrecarga térmicas y que dicha actividad este de acuerdo con la capacidad de esfuerzo individual.

En este punto, el entrenamiento de la resistencia produce un efecto beneficioso para la salud sobre todo cuando se realiza de una forma prolongada y lenta. Son precisamente los períodos prolongados de esfuerzo, de intensidad baja o media los que ejercen efectos negativos sobre un aparato locomotor dañado previamente, lo cual puede producir una aceleración de un proceso de artrosis ya existente, lo que por una parte es bueno para el sistema cardiovascular es perjudicial para las articulaciones.

El deporte solamente puede mejorar la salud cuando es practicado activamente. Por eso, es necesaria la práctica pasiva del deporte no conlleva ningún tipo de adaptación del sistema cardiovascular o del aparato locomotor, y por ende ni un aspecto benéfico para la salud de los individuos.

2.2.1.- Normatividad de la actividad física

La intensidad según la Organización Mundial de la Salud (OMS), refleja la velocidad a la que se realiza la actividad, o la magnitud del esfuerzo requerido para realizar un ejercicio físico. Se puede estimar preguntándose cuánto tiene que esforzarse una persona para realizar esa actividad (Tabla 2).

Tabla 2.- Nivel de actividad y energía requerida en W/m²

NIVEL DE ACTIVIDAD	SEDENTARIO (Pasiva)	MEDIO (Moderada)	ALTO (Intensa)
Mínimo-máximo (W/m ²)	58-87	87-145	145-232

Fuente: Fanger, 1972.

La intensidad de diferentes formas de actividad varía de una persona a otra y depende de lo ejercitado que esté cada uno y de su forma física. Además de lo anterior, la norma ISO

8996:2004 determina que existen cinco niveles de actividad que dependen de la tasa metabólica (Tabla 3); ésta es una conversión de la energía química en mecánica y térmica, mide el costo energético de la carga muscular y proporciona un índice numérico de actividad. Además, es un determinante importante de la comodidad o la tensión resultante de la exposición a un entorno térmico. En particular, en climas cálidos, los altos niveles de producción de calor metabólico asociado con el trabajo muscular agravan el estrés por calor, ya que es necesario disipar grandes cantidades de calor, principalmente por evaporación del sudor.

La ISO 8996:2004 se refieren a una persona “promedio”: un hombre de 30 años que pesa 70 kg y 1,75 m de altura (superficie corporal 1,8 m²) y una mujer de 30 años que pesa 60 kg y 1,70 m de altura (superficie corporal 1,6 m²). Se requieren realizar las correcciones adecuadas cuando tratan con poblaciones especiales, incluidos niños, ancianos, personas con discapacidades físicas, etc.

Tabla 3.- Niveles de actividad a partir de la tasa metabólica bajo la norma ISO 8996.

NIVEL DE ACTIVIDAD	Descansando (pasiva)	Tasa metabólica baja	Tasa metabólica moderada	Tasa metabólica intensa	Tasa metabólica muy intensa
Medía/Mín-máx (W/m ²)	65 (55 a 70)	100 (70 a 130)	165 (130 a 200)	230 (200 a 260)	290 (>260)

Fuente: ISO 8996:2004.

Actividad Pasiva

A menudo se utilizan los equivalentes metabólicos (MET) para expresar la intensidad de las actividades físicas. Los MET son la razón entre el metabolismo de una persona durante la realización de un trabajo y su metabolismo basal. Éste se define como el costo energético de estar sentado tranquilamente y es equivalente a un consumo de 1 kcal/kg/h (lo que se considera actividad física pasiva). Se calcula que, en comparación con esta situación, el consumo calórico es unas 3 a 6 veces mayor (3-6 MET) cuando se realiza una actividad de intensidad moderada, y más de 6 veces mayor (> 6 MET) cuando se realiza una actividad vigorosa.

Actividad física moderada

Requiere un esfuerzo moderado (aproximadamente 3-6 MET), que acelera de forma perceptible el ritmo cardíaco. Ejemplos de ejercicio moderado son los siguientes: caminar a paso rápido; bailar; jardinería; tareas domésticas; caza y recolección tradicionales; participación activa en juegos y deportes con niños y paseos con animales domésticos; trabajos de construcción generales (p. ej., hacer tejados, pintar, etc.); desplazamiento de cargas moderadas (< 20 kg).

Actividad física intensa

Requiere una gran cantidad de esfuerzo y provoca una respiración rápida y un aumento sustancial de la frecuencia cardíaca (aproximadamente > 6 MET). Se consideran ejercicios vigorosos: footing; ascender a paso rápido o trepar por una ladera; desplazamientos rápidos en bicicleta; aeróbic; natación rápida; deportes y juegos competitivos (p. ej., juegos tradicionales, fútbol, voleibol, hockey, baloncesto); trabajo intenso con pala o excavación de zanjas; desplazamiento de cargas pesadas (> 20 kg).

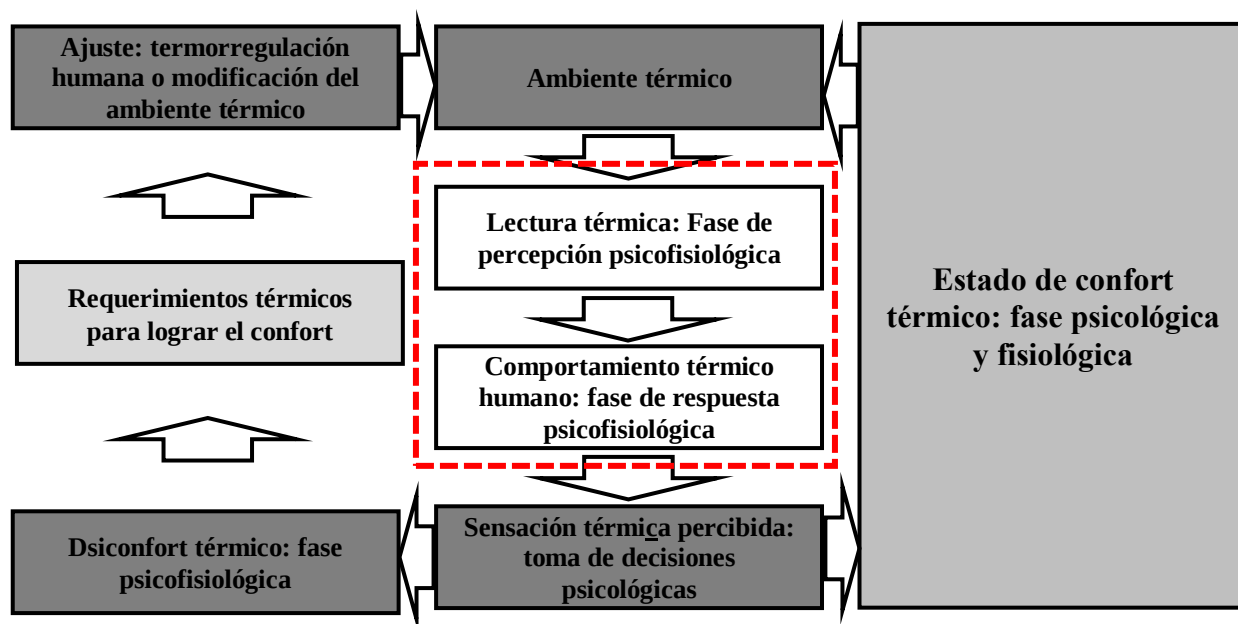
2.3.- FISIOLOGÍA Y CONFORT TÉRMICO

La fisiología es la ciencia que se encarga del estudio de los aspectos y funcionamientos de los seres multicelulares; en este caso, la fisiología humana analiza lo concerniente a las actividades internas del ser humano, sus consecuencias y como el organismo se adapta al medio que lo rodea. Los procesos fisiológicos se dividen en diversos niveles los cuales son: químico, celular, tisular, orgánico y sistemas, con lo cual se forma la totalidad del cuerpo humano.

También, se puede determinar a la fisiología humana como el análisis de la interacción de los elementos básicos del ser vivo con su entorno; es por esto que ésta puede ayudar a entender los procesos de percepción de la sensación térmica de seres humanos (Figura 8).

Macpherson (1962) destaca seis factores que influyen en la sensación térmica: temperatura del aire, velocidad del viento, humedad relativa y temperatura media radiante, que son las

de tipo físico; por otro lado, vestimenta y tipo de actividad como las variables de tipo personal (Djongyang et al., 2010).



Fuente. – Elaboración propia, con base a Bojórquez, Luna, & Romero, 2013.

Figura 8.- Proceso de la Sensación Térmica Percibida.

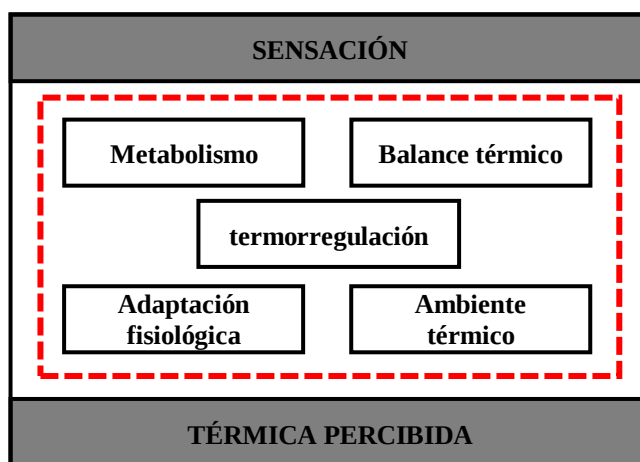
2.3.1.- Factores internos de sensación térmica

El confort térmico es un componente fundamental de la habitabilidad de los espacios públicos exteriores, y es considerado una cualidad esencial para lograr condiciones térmicas adecuadas en los habitantes (Nikolopoulou, 2003; Nikolopoulou, 2004; Ambriz, 2005); éste hace posible que las personas puedan realizar sus actividades de manera adecuada. Por ello, puede determinar una buena relación productiva, social, un buen estado de salud, en otras palabras, desarrollar plenamente al individuo.

Los seres humanos tienen mecanismos de adaptación térmica resultado de las variaciones climáticas, al poder exponerse a condiciones adversas por periodos cortos de tiempo sin sufrir daño (Rincón, 2015). Sin embargo, si el organismo se expone de manera prolongada a estas condiciones, comienza a sufrir ciertos trastornos (como estrés o tensión térmica) al causar en él fallas en su funcionamiento y daños irreparables en la salud (Vanos, 2010).

La percepción térmica es un proceso donde intervienen varios factores los cuales son: sensación, preferencia, expectativa y tolerancia a determinadas condiciones del entorno físico. En éste contribuyen cuatro factores externos (temperatura del aire, temperatura radiante del entorno, velocidad del aire y humedad relativa) y dos internos (nivel de arropamiento y metabolismo) (Rincón, 2015; Gómez-Azpeitia, 2006) Mientras que las variables que intervienen en el proceso de la sensación térmica, son: metabolismo, termorregulación humana, balance térmico, ambiente térmico y adaptación térmica humana (Bojórquez, 2010) (Figura 9).

Guyton (1986) menciona que el hombre percibe grados diferentes de calor o frío, al progresar desde el mucho frío al frío, al indiferente (confort térmico), y pasar al caliente a muy caliente; y estas sensaciones térmicas están percibidas por al menos tres tipos de órganos terminales sensitivos, los receptores del frío, los de calor y los de dolor. Estos últimos, solo se considerarán receptores térmicos cuando los grados de calor o frío alcanzan temperaturas extremas como para causar lesiones o daños.



Fuente. - Elaboración propia.

Figura 9.- factores internos que intervienen en la sensación térmica percibida

Metabolismo

El metabolismo es el efecto de las reacciones químicas de las células de un organismo, del cual se crea un equilibrio de energía entre las reacciones catabólicas que son de tipo exergónicas (descomposición de moléculas orgánicas complejas en otras más simples donde se produce más energía que la que se consume) y anabólicas las cuales son

de tipo endergónicas (genera moléculas orgánicas o inorgánicas complejas a partir de otras más sencillas, donde se consume más energía que la que se genera) (de Boslter, 1997; Tortora y Grabowski, 2002; Rincón, 2015).

El cuerpo humano está conformado por diversos tejidos musculares, que se diferencian por las funciones que llevan a cabo y donde se realizan reacciones químicas las cuales producen calor (de Boslter, 1997). Existe una diferencia de 1,0 °C, entre temperatura interna y temperatura de la piel; los órganos internos aun al estar en reposo producen grandes cantidades de calor, en contraparte, los músculos en reposo producen entre un 20% a un 30 % del total, puesto que representan la mitad de la masa anatómica humana; con ello, es posible asumir que el incremento o la pérdida de masa muscular afecta la producción de calor corporal. (Schneider y Sagan, 2006; Rincón, 2015).

Por otro lado, el metabolismo modifica la temperatura del cuerpo al generar una carga interna de calor debido a los procesos químicos que ocurren con la transformación de alimentos a energía y con las actividades que se desarrollan, lo que influye en la termorregulación y la sensación térmica percibida por las personas (Bojórquez, 2010).

El mismo se puede catalogar en dos a partir del consumo energético del organismo: basal que es el límite mínimo determinado por la actividad fisiológica básica para mantenerse vivo; varía por edad, sexo, peso y altura, principalmente (Fanger, 1972; Schneider y Sagan, 2006; Bojórquez, 2010); Por otro lado, el metabolismo global es el consumo energético del cuerpo humano a partir de la actividad física realizada durante las últimas 24 horas; está en función de la duración y la intensidad de la misma (de Boslter, 1997, Mondelo, 2013, Bojórquez, 2010).

El organismo obtiene la energía necesaria para llevar a cabo sus funciones al ingerir los alimentos, lo cual activa el metabolismo tanto basal como global; Fanger (1972) estableció la posibilidad de conocer el nivel de actividad desarrollado a partir del consumo energético requerido para llevarla a cabo.

El metabolismo basal de las personas va disminuyendo con la edad. Por ejemplo, para un niño de dos años puede llegar a 60W por metro cuadrado de superficie del cuerpo, 44W

para un joven de 25 años y 38W para una persona con edad de 80 (Mondelo et al., 2013). El calor producido por el metabolismo se correlaciona con la superficie de piel del cuerpo (m^2) y el peso de las personas (Kg) (Mondelo et al., 2013).

Según Mondelo et al. (2013), a partir del metabolismo basal, actividades físicas y estados emocionales, según su intensidad, incrementarán la producción de calor. Por lo tanto, el aumento de la temperatura en el cuerpo al desarrollar una actividad es la suma del calor por las reacciones propias del organismo y el calor que se produce por la ejecución de la misma (Mondelo et al., 2013).

El metabolismo global puede variar de $45,0 \text{ W/m}^2$ a $500,0 \text{ W/m}^2$ según la actividad que se desarrolle. Existen diferentes valores medios en el metabolismo basal: en la mujer es de $40,6 \text{ W/m}^2$, mientras que en el hombre es de $42,9 \text{ W/m}^2$.

El proceso se ve diferenciado por la edad de las personas, las variaciones se dan en tres periodos a los 2, 25 y 80 años; mientras que otros contrastan que estas variaciones se dan a los 10 y 40 años (Mondelo, 2013; Olgyay, 1963); Por otro lado, Bojórquez (2010) menciona que es importante para el metabolismo la influencia que tienen ciertos cambios hormonales o la disminución de la secreción de estrógenos en el caso de las mujeres y testosterona en el caso de los hombres (entre los 50 a 70 años).

Las unidades en las que se mide es el *met* (*metabolic equivalent of task* —el cual es producto del metabolismo de una persona sentada sin actividad—); Un met es igual a $58,15 \text{ W/m}^2$, ó $50,08 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2$, y, para una persona promedio ($1,8 \text{ m}^2$ de piel), corresponde a $90,15 \text{ kcal/h}$. Las diferentes formas de determinar la producción interna de calor humano se detallan en la norma ISO 8996 (2004).

El ejercicio ejecutado de manera intensa es el factor que más influye en el aumento de la tasa metabólica; la contracción de los músculos puede generar en pocos segundos el aumento en la producción de calor hasta 100 veces, con respecto al estado de reposo. Al realizar ejercicios donde se trabajen al máximo los músculos, puede generarse de 20 a 50 veces el calor generado habitualmente (Guyton , 2016).

Termorregulación

La termorregulación es la capacidad que tiene el organismo para modificar su temperatura dentro de ciertos límites, incluso cuando la del ambiente circundante es diferente; el término se utiliza para describir los procesos que mantienen el equilibrio entre ganancia y pérdida de calor. Si se añade o quita una determinada cantidad de calor a un objeto, su temperatura aumenta o disminuye, respectivamente, en una cantidad que depende de su capacidad calorífica específica con un ambiente (Kenny y Jay, 2007).

En el estado estacionario, la producción de calor (termogénesis) se equilibra a la que éste se disipa al ambiente (termólisis). En caso de desequilibrio entre termogénesis y termólisis se produce un cambio en la tasa de almacenamiento de calor corporal y consecuentemente un cambio de su contenido en el cuerpo y en la temperatura corporal (Kenny y Jay, 2007).

El ser humano es un organismo homeotermo y endotermo, lo cual implica que, a pesar de grandes variaciones en la temperatura ambiental, la producción de calor interna se nivela la pérdida del mismo, lo que da como resultado una temperatura corporal estable. Este equilibrio se conoce como balance calórico o flujo calórico. Su control es efectuado eficazmente a través de la modulación del comportamiento (como, por ejemplo, cambio de ropa) y de mecanismos fisiológicos (como, por ejemplo, sudoración, tiritación) (Kräuchi, 2007).

Por lo tanto, la temperatura corporal depende del equilibrio entre la producción y la pérdida de calor interno del organismo; Guyton, (1987), menciona que ésta no varía más de 1,0 °C de una persona a otra, sin embargo, cuando un organismo se expone a condiciones térmicas extremas, su temperatura global corporal puede variar hasta 0,6 °C. Al respecto, la temperatura interna considerada normal, sin afectaciones, oscila alrededor de los 37,6 °C, en un intervalo de 36,0 °C a 38,0 °C (Mondelo, 2013); ésta depende de factores como el sexo, su actividad reciente, el consumo de alimentos y líquidos, la hora del día y, en las mujeres, de la fase del ciclo menstrual en la que se encuentren.

La temperatura corporal puede variar por estimulación al sistema nervioso simpático a partir de la experimentación de emociones extremas; con ello, la cantidad de calor

producido puede elevarse hasta 1,0 °C por encima del normal. Otra causa que influye en el incremento de la misma es el ejercicio intenso, que puede elevar la temperatura hasta 2,0 °C o 3,0 °C, sin embargo, después de que la persona concluye, el cuerpo recuperará su temperatura normal entre un plazo de 10 a 20 min (Kräuchi, 2007). Es por eso que, durante actividades intensas, la temperatura interior puede llegar a los 40,0 °C, lo cual, en circunstancias específicas, es necesario para lograr un rendimiento adecuado (Mondelo, 2013).

El modelo termorregulador humano más simple divide al cuerpo en dos compartimentos: la zona central o núcleo y la zona superficial o periférica. En condiciones de reposo, la producción de calor depende especialmente de la actividad metabólica de los órganos internos como el cerebro, los de las cavidades abdominal y torácica como, por ejemplo, hígado, intestinos, riñones y corazón. La sangre, impulsada y distribuida por el sistema cardiovascular, es el principal medio que transporta el calor (por convección) del núcleo a la región cutánea (Kräuchi, 2007). La temperatura del núcleo, especialmente la del cerebro, está regulada cerca de los 37° C, y la superficial, depende principalmente de la temperatura ambiental.

Por otro lado, la temperatura media de la superficie del cuerpo puede variar según la vestimenta, las condiciones ambientales y/o la actividad metabólica, esta establece la capacidad de la piel para ceder calor al ambiente (Mondelo *et al.*, 2013). La interna o central (de los tejidos profundos del organismo) es el promedio ponderado de las diferentes valores de las partes y los órganos del cuerpo, estas toman diferentes valores según actividad, área del cuerpo y hora, oscilan con el ritmo circadiano y se mantiene entre ± 0.6 °C (a excepción de cuando se tiene fiebre); por ejemplo, la temperatura bucal normal promedio está entre 36,0 °C y 37,0 °C, mientras que la temperatura rectal promedio se encuentra por lo general 0,6 K por encima de la primera (Mondelo *et al.*, 2013; Guyton, 2016).

El proceso de termorregulación depende de múltiples factores. La temperatura con que la sangre llega al hipotálamo será el principal determinante de la respuesta a las variaciones climáticas; ya que éste es el centro integrador que funciona como termostato y mantiene el equilibrio entre la producción y la pérdida de calor. Si la temperatura disminuye, aumenta

la termogénesis y los mecanismos conservadores del calor: El mantenimiento de la temperatura corporal, depende de actividad metabólica, mecanismos corporales, así como de las condiciones ambientales. La termogénesis, o generación de la temperatura se realiza por dos vías (Guyton *et.al.*, 2011):

- *Rápida*: termogénesis física, producida en gran parte por el temblor y el descenso del flujo sanguíneo periférico
- *Lenta*: termogénesis química, de origen hormonal y movilización de sustratos procedentes del metabolismo celular

Por consiguiente, el hipotálamo monitorea y controla los cambios internos del cuerpo, regula la presión sanguínea y la temperatura corporal, transforma las emociones en respuestas o cambios físicos y es determinante en el intercambio térmico entre las partes del cuerpo humano y de éste con el exterior (Mondelo *et al.*, 2013). Desde el punto de vista fisiológico, este órgano establece la sensación térmica percibida, sin embargo, hay efectos de tipo psicológico que afectan esa respuesta del organismo ante el ambiente térmico.

Guyton (2016) menciona que en el hipotálamo existe terminaciones nerviosas dedicados a regular la temperatura interna del cuerpo, y, por ende, la pérdida y la producción de calor. Si se tiene un valor superior a los 37,0 °C, la termólisis se vuelve mayor que la termogénesis, por el contrario, al ser inferior a los 37,0 °C, el termostato hipotalámico fomenta la creación del mismo.

El cuerpo humano prevé cambios de temperatura interna a partir de la percepción del ambiente térmico y el nivel de actividad que realiza. La sensación de discomfort se genera en razón de que los órganos internos requieren funcionar a una temperatura de 37,0 °C.

Cuando las condiciones del ambiente térmico modifican la temperatura interna, se activan, consciente o inconscientemente, los mecanismos de adaptación, cuyo fin es mantenerla. Pueden darse circunstancias ambientales en las que el equilibrio térmico sea inasequible por tiempo prolongado o si el metabolismo deje de actuar correctamente al punto de que la temperatura de los órganos internos baje hasta 30,0 °C (hipotermia) o suba hasta 41,0 °C (hipertermia), en ambas situaciones se produce la muerte.

La eficiencia mecánica del ser humano es baja, entre el 75 % y el 100 % de la energía que consume y produce para realizar sus actividades se convierte en calor dentro de su organismo, según el tipo de actividad, al que hay que sumar el calor producido por el metabolismo basal necesario para mantenerse vivo (Mondelo, 2013).

Se han propuesto tres diferentes maneras de explicar el mecanismo de la homeostasis térmica en el ser humano. Algunas proponen que la temperatura es la variable regulada, éstas consideran que los mecanismos termorreguladores tratan, en todo momento, de llevar la temperatura corporal al punto de ajuste. Otras explicaciones son fundamentalmente diferentes, ya que propone que la variable regulada es el contenido de calor, además que se considera que la temperatura del cuerpo es un subproducto de la regulación (Cheung, 2009).

Actualmente, hay otra explicación: el "punto balanceado" y la teoría de "control proporcional". Ambas teorías postulan que la temperatura corporal es controlada por un sistema proporcional de control de retroalimentación "multi-sensor", "multiprocesador", "multiefactor" (Romanovsky, 2007; Werner, 2010).

Esto se puede explicar de la siguiente manera: si la temperatura del cuerpo aumenta demasiado, se inicia el proceso de vasodilatación en el cual se aumenta el flujo de la sangre a través de la piel para producir sudor y reducir la misma, ya que la energía requerida por el sudor para evaporarse se toma de la piel (Méndez y Tejeda, 2005).

Por el contrario, si el cuerpo baja demasiado su temperatura, los vasos sanguíneos reaccionan con la vasoconstricción que genera una erección de los folículos pilosos que, a su vez, reduce el flujo de la sangre a través de la piel y aumenta la resistencia térmica de ésta. Otro efecto se refleja en la producción de calor interior que genera convulsiones en los músculos (escalofríos o temblores) cuyo fin es aumentar el calor metabólico (Méndez y Tejeda, 2005).

Balance térmico humano

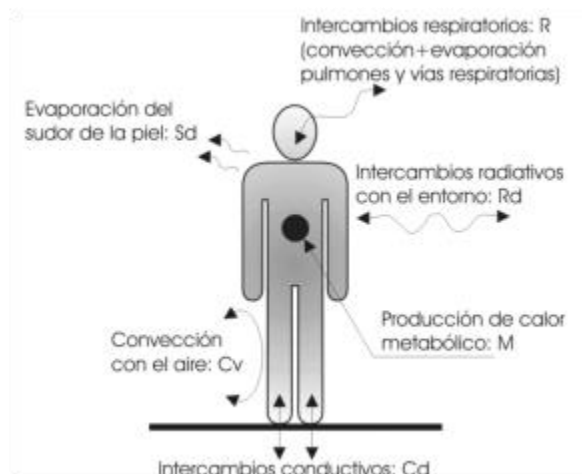
El equilibrio térmico es un mecanismo para mantener el confort del organismo, mediante la disipación del calor metabólico excedente hacia el ambiente. En otras palabras,

las ganancias de calor internas del cuerpo deben ser equivalentes al que se pierde hacia el exterior. Cuando se rompe este equilibrio, debido a la actividad metabólica del cuerpo, las condiciones del ambiente, se genera un estado de incomodidad o discomfort térmico (Figura 10).

De acuerdo con Critchfield (1974), el balance térmico es el proceso por medio del cual se origina un intercambio de energía (pérdida y/o ganancia) entre el cuerpo humano y el espacio, a partir del proceso químico del metabolismo y el proceso fisiológico de la termorregulación, como una respuesta a los elementos externos del clima inmediato.

Es por eso, que un balance térmico con valor cero significa una sensación térmica de confort. Sí las condiciones del entorno generan pérdidas (balance negativo) de temperatura en el humano, se considera como sensación térmica de frío; y, al contrario, si las condiciones del entorno generan ganancias (balance positivo), se considera como una sensación de calor

Al interactuar con el medio ambiente, el cuerpo humano puede perder o ganar calor por medio de diversos mecanismos termodinámicos, entre los que se encuentran los convectivos, radiantes y, en menor medida, conductivos; La evaporación también juega un papel importante, pero en este caso, sólo puede generar pérdidas de calor. La intensidad de estos procesos, y por lo tanto los índices de pérdidas y ganancias, dependen en gran medida de las condiciones ambientales particulares.



Fuente: Bojórquez, (2010) con base a Cornell University Ergonomics Web, 2003.

Figura 10.- Intercambios de energía entre el cuerpo y el ambiente térmico

Convección

La convección es la transmisión de calor entre un fluido (líquido o gaseoso) y un cuerpo sólido. Este fenómeno se ve favorecido por el movimiento de éste, el cual a su vez resulta de la diferencia de sus temperaturas internas. Si la temperatura del aire es inferior a la temperatura de la piel, esta tiende a transmitir calor hacia las moléculas de aire con las que está en contacto. Si se encuentra en movimiento, las moléculas que han absorbido calor son desplazadas fácilmente por moléculas más frías. Así, mientras más velocidad tenga, y su temperatura es menor, más calor perderá el cuerpo humano. Por otro lado, si la temperatura del aire es muy elevada, este mismo proceso puede provocar ganancias en lugar de pérdidas de calor.

Radiación

La radiación es un flujo de energía en forma de ondas electromagnéticas que no requiere de un medio conductor (se puede dar incluso en el vacío absoluto). Tanto el cuerpo humano como los elementos del entorno, incluyendo los componentes constructivos de un edificio, emiten energía radiante. Si la temperatura de la piel es superior a la radiante de los objetos circundantes entonces se dan pérdidas de calor. Por el contrario, si los objetos circundantes tienen una temperatura más elevada, el cuerpo tiende a ganar calor.

Conducción

La conducción expresa la transmisión de calor al interior de uno o dos cuerpos sólidos si estos se encuentran en contacto. Como en el caso de la radiación, el cuerpo humano puede perder o ganar calor cuando está en contacto con un objeto o componente de la edificación, al depender de la diferencia de temperaturas entre ambos.

Evaporación

La evaporación es un fenómeno mediante el cual un líquido se convierte en gas. Dicha conversión requiere una determinada cantidad de energía calorífica, que es tomada del entorno inmediato. En el cuerpo humano ésta se presenta en la piel al evaporarse el sudor, así como a través de la respiración.

La cantidad de calor que se puede perder por este fenómeno varía de acuerdo a la tasa de evaporación, la cual a su vez es afectada por la humedad ambiental: mientras más seco es el aire más eficiente son los procesos evaporativos. Por otro lado, es importante considerar que la velocidad del aire favorece a este mecanismo, incluso si la HR es relativamente alta, ya que ayuda a desplazar la capa de aire que tiende a generarse sobre la piel (Guyton, 2006).

No obstante, aun si la importancia relativa de cada uno de los mecanismos de intercambio de calor varía según la persona, el ambiente, la actividad y la vestimenta, el efecto individual que en promedio ejercen sobre el organismo es: evaporación, el 30 %; radiación, el 30 %; convección, el 30 %; y, respiración, el 10 % (Hedge, 2008); sin embargo, hay autores (Guyton, 1987) que mencionan que estos valores, en una persona desnuda y a una temperatura de 21,0 °C, varían de la siguiente manera: evaporación, el 22%; radiación, el 60%; convección, el 15%; y, conducción, el 3 %.

Según Fanger (1972), el balance térmico se estima con la siguiente ecuación:

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm E_{res} - E_d \pm C_{cond} = C_{cond.clo} = A \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

M = Energía calórica producida por el organismo.

W = Trabajo mecánico desarrollado.

R = Intercambio de calor por radiación.

C = Intercambio de calor por convección.

E = Pérdida de calor por evaporación del sudor.

C_{res} = Inter. de calor por convección respiratoria.

E_{res} = Inter. de calor por evaporación respiratoria.

E_d = Pérdida de calor por difusión del vapor.

C_{cond} = Intercambio de calor por conducción.

$C_{cond.clo}$ = Conducción a través del vestido.

A = Ganancia o pérdida de calor por el cuerpo.

Las condiciones de A se pueden inferir con base en las siguientes situaciones:

1. Si A y $E = 0$, hay equilibrio térmico y en general condiciones entre confort y tolerables.
2. Si $A = 0$ y $E > 0$, hay equilibrio térmico y en general condiciones entre confort y permisibles.
3. Si $A > 0$, hay desequilibrio por ganancia de calor, genera una tensión calórica.
4. Si $A < 0$, hay desequilibrio por pérdida de calor, genera una tensión por frío.

El estado de equilibrio térmico se alcanza cuando la ganancia o la pérdida de calor por el cuerpo (A) son nulas. Por eso se puede escribir también la ecuación con base en la siguiente condición:

- Cuando A y $C_{cond} = 0$

$$M \pm W - E - E_d \pm C_{res} \pm E_{res} = C_{cond.clo} = \pm R \pm C \quad \text{Ecuación 20}$$

Según Mondelo *et al.* (2013), la termólisis por *conducción* normalmente es poco significativo en comparación con el intercambio térmico total; en cambio, sí es importante en la influencia del proceso a través del contacto de la ropa. La velocidad del viento determina el la pérdida o ganancia de temperatura del cuerpo por convección y afecta la capacidad evaporativa del aire la cual está directamente relacionada con la eficiencia natural de la transpiración.

Autores como Guyton (2006), mencionan que el cuerpo humano pierde hasta un 3 % de calor por medio de la conducción, el cual es inversamente proporcional a la disminución de la temperatura del aire y las superficies en contacto con la persona.

Debido a la baja eficiencia mecánica que el ser humano desarrolla durante la práctica de un trabajo externo (de 20,0 % a 25,0 %) y con el fin de mantener la temperatura interna constante, la energía restante que el organismo extrae de los alimentos (del 75,0 % al 80,0 %) debe ser eliminada por alguno de los siguientes mecanismos: sudoración, radiación y/o convección (Mondelo *et al.*, 2013), de otro modo, la temperatura interna se incrementaría indefinidamente.

Los intercambios de calor con el cuerpo se dan entre las superficies que lo rodean, y la piel o ropa que tiene puesta; Estos intercambios son determinados por la parte del cuerpo que esté participando, y el diferencial de temperatura entre la piel y la temperatura radiante media, además de las características de la ropa

Mondelo (2013), menciona que el cuerpo, para desarrollar una actividad requiere incrementar su producción de calor metabólico muy por encima de lo que en realidad la actividad requiere, por lo que el producto restante necesita ser eliminado mediante la sudoración, radiación o convección, para conservar la estabilidad de la temperatura interior. El intercambio térmico que se produce entre la persona y el medio está definido por:

- La fracción de la superficie del cuerpo que participa en el intercambio.

- La diferencia entre la temperatura de la piel y la temperatura radiante media.
- Las características térmicas del vestido.

El cuerpo tiene, además de los receptores del hipotálamo, órganos sensibles a la temperatura distribuidos por distintas partes, los cuales poseen funciones de termorregulación complementarias, sean de la piel y ciertos tejidos profundos del cuerpo médula espinal, vísceras abdominales, y alrededor de las venas superiores del abdomen y tórax.

Los receptores de frío (corpúsculos de Krause) son más numerosos que los de calor (corpúsculos de Ruffini), por lo que la detección de temperatura periférica se enfoca en la detección de las temperaturas bajas o muy bajas más que en las altas (Guyton y Hall, 2006).

El cuerpo emite continuamente una cantidad pequeña de agua por la piel y se evapora; la evaporación de cada gramo de agua elimina aproximadamente 0.5 calorías (cal) del cuerpo. De acuerdo Guyton y Hall, (2016), el cuerpo pierde cerca del 22 % del calor corporal a partir de la evaporación; con 150 ml de agua evaporados cada hora el organismo eliminaría del cuerpo todo el calor producido bajo condiciones basales.

Al respecto, Fanger (1972) menciona que con actividades moderadas (trabajo de oficina, profesores, vendedores, industria ligera, etc.) la evaporación representa alrededor del 25 % de las pérdidas de calor. Cada gramo de sudor evaporado requiere un aporte de calor por parte del cuerpo de 0.58 kcal.

Una persona aclimatada puede llegar a sudar hasta un litro por hora; no obstante, bajo condiciones extremas, según Guyton (2016), esa cantidad puede incrementarse hasta 1.5 litros, misma que, si se evaporara en su totalidad, eliminaría hasta 800 cal del organismo. Si bien la sudoración es un mecanismo fisiológico de prevención, su eficacia está condicionada por las variables del ambiente térmico, específicamente por las de la humedad y la velocidad del aire.

Además, Guyton (2016) menciona que cuando el cuerpo se sobrecalienta, las glándulas sudoríparas producen cantidades considerables de sudor con el fin de promover la pérdida

de calor por evaporación. En climas tropicales, este mecanismo como medio de pérdida de calor es importante, ya que la temperatura está por encima de la temperatura corporal, de tal forma que no se puede perder calor por conducción ni por radiación —al contrario, el cuerpo gana calor por los mismos—. Por lo tanto, la evaporación es el único medio que cuenta el organismo para conservar su temperatura normal cuando la temperatura ambiental es superior.

Al bajar la temperatura de la piel se originan reflejos que elevan la temperatura: estimulación mediante escalofrío, inhibición de la sudoración e, inducir la vasoconstricción; mientras que, al aumentar la temperatura del cuerpo, y ésta es excesiva, se disparan los siguientes procesos: vasodilatación de la piel, sudoración, disminución de la generación de calor. Cuando la temperatura del cuerpo baja en demasía, el sistema de termorregulación da inicio a los siguientes procesos: vaso constricción de la piel, piloerección y, aumento de la termógenia.

Las corrientes de aire tienen un efecto importante en el fenómeno de evaporación pues el sudor que se evapora de la piel satura con rapidez el aire adyacente al cuerpo y si esa saturación no se dispersa de inmediato podría interrumpirse el proceso de evaporación.

En la respiración se pierde calor ya que, por un lado, el aire exhalado es más caliente que el inhalado (la temperatura del aire exhalado se estima en 34,0 °C), y, por otro, porque existen diferencias en el contenido de vapor. La pérdida de calor a causa de la respiración normalmente es insignificante (Mondelo *et al.*, 2013).

El cambio de postura también afecta el proceso de balance térmico debido a que el ritmo circadiano que es afectado y a la modificación que se genera en la convección y la radiación del área de piel expuesta. Otro aspecto relevante en el balance térmico es el hecho de que los efectos por radiación y viento afectan de forma diferente las distintas partes del cuerpo; la modificación del flujo de la energía por dirección y velocidad de viento es determinante en la sensación percibida (de Dear *et al.*, 1997^a; Tikuisis y Ducharme, 1996).

Consumo de oxígeno (VO_{2MAX})

El VO_{2MAX} es la cantidad máxima de oxígeno (O_2) que el organismo puede absorber, transportar y consumir en un tiempo determinado, es decir, el máximo volumen de oxígeno en la sangre que nuestro organismo puede transportar y metabolizar (Cortés, 2016; Wasserman, Hansen, Sue, Casaburi, Whipp, 1999). También se denomina *Consumo máximo de oxígeno* o *capacidad aeróbica*. Cuanto mayor sea el VO_2 máx, mayor será la capacidad cardiovascular (Ramírez, Agredo, Ortega, Dosman y López, 2007).

La diferencia del oxígeno contenido entre inhalación y exhalación se mide para encontrar cuanto es consumido en un minuto. Este valor se representa en litros por minuto y va desde los 2 hasta 7,5 l/min. Sin embargo, es más común expresar el VO_{2MAX} de cada individuo en relación a su peso corporal en kilogramos. Esta relación va desde los 20 hasta los 90 ml/kg/min.

La medición de la capacidad funcional, o VO_{2MAX} , es reconocida ampliamente como la forma más objetiva de determinar la aptitud física y representa la capacidad funcional máxima de un individuo. Medida en situación de reposo, indica el metabolismo basal y corresponde aproximadamente a 3,5 ml/kg/min o unidad metabólica, también llamada MET (Tartibian y Khorshidi, 2006; McArdle, Katch y Katch, 2004).

Actualmente el VO_{2MAX} ha sido considerado como un determinante del estado de salud y su disminución se ha asociado al riesgo de padecer enfermedades crónicas, principalmente enfermedad coronaria (Blair, Kohl, Paffenbarger, Clark, Cooper, y Gibbons, 1989; Ramírez et. al, 2007). Sin embargo, existen diferentes factores que pueden modificar este indicador. Se postula que la edad es un factor que se asocia a la disminución del VO_{2MAX} , y éste es atenuado de manera positiva en personas entrenadas que participan de la práctica habitual de ejercicio físico.

Un estudio transversal apoya esta hipótesis donde se demostró que el VO_{2MAX} disminuye en un 9% por década en varones sedentarios, mientras que en sujetos entrenados la reducción fue de sólo un 5% por decenio. Por el contrario, un reciente meta-análisis que agrupó un conjunto de 242 estudios no encontró diferencias significativas en la disminución absoluta

del $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ con la edad en sujetos entrenados en comparación con sus controles sedentarios (Wilson y Tanaka, 2000).

El tiempo límite al 100% del $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ admitido es de 6 a 10 minutos. Billat (2010) mostró que este tiempo puede ser mejorado de 25 a 30 minutos con un protocolo de sesión basado en variaciones de velocidad sencilla y personalizada a cada deportista.

Los valores altos en consumo de oxígeno relativos a su peso que se han medido pertenecen a esquiadores de fondo. Sin embargo, los valores más altos de VO_2 pertenecen a remeros, ya que en su actividad el peso no tiene tanta importancia. Como referencia se usan los rangos de Astrad para evaluar el nivel de $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ de un individuo (Tabla 4).

Tabla 4.- Porcentaje de consumo de oxígeno en actividades deportivas

Nivel	%
Pobre	30-35
Regular	35-40
Buena	40-45
Muy buena	45-50
Excelente	50-55
Excepcional	+55

Fuente: Elaboración propia, con base en Billant (2010).

Cuando se realiza ejercicio físico cambian rápidamente las necesidades energéticas y por tanto metabólicas y se produce la adaptación corporal en un tiempo más o menos rápido, al depender de la intensidad del esfuerzo y del estado funcional del sujeto. Es el sistema de transporte de oxígeno (O_2) el encargado de satisfacer esas demandas energéticas. El VO_2 es expresión directa de las necesidades metabólicas del organismo en un momento dado y el mejor determinante del nivel metabólico alcanzado en un esfuerzo.

El $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ es un parámetro que nos indica la máxima capacidad de trabajo físico de un individuo y nos valora de forma global el estado del sistema de transporte de O_2 desde la atmósfera hasta su utilización en el músculo, integrando el funcionamiento del aparato respiratorio, cardiovascular y metabolismo energético.

El consumo de oxígeno va a depender de factores centrales (corazón y pulmones) y de factores periféricos como la diferencia arterio-venoso de oxígeno (dif (a-v) O_2), la cual depende a su vez de factores que condiciona el contenido del mismo en la sangre arterial (ventilación, difusión, transporte desde los pulmones hasta las células) y en la sangre venosa (extracción de O_2 por los tejidos). Por lo tanto el VO_2 es el producto del gasto cardiaco (producto de la frecuencia cardiaca por el volumen latido) por la diferencia $(\text{a-v})\text{O}_2$.

El $\text{VO}_{2\text{máx}}$ es un parámetro reproducible y su determinación se realiza de una forma fiable y precisa mediante una prueba de esfuerzo incremental con sistema de análisis del intercambio de gases respiratorios y de la ventilación pulmonar. Conforme la intensidad es mayor, el organismo responde con un mayor gasto energético, hasta una intensidad de ejercicio en que, a pesar de aumentar la carga, el consumo de oxígeno no aumenta más. Existen múltiples factores que influyen en la obtención del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ como la edad, el nivel de condición física, el protocolo utilizado y la motivación del paciente (Ramírez et. al, 2007).

El $\text{VO}_{2\text{máx}}$ es variable entre individuos, y depende de múltiples factores como la herencia, la edad, el sexo, el peso y el grado de entrenamiento. La genética es un determinante importante de la condición aeróbica pudiendo condicionar hasta el 60% mismo.

Temperatura de la piel y circulación de la sangre

La capacidad de medir con precisión la temperatura de la piel o superficial de un ser humano es un proceso difícil debido a las variaciones locales de la misma y se hace más compleja durante el ejercicio y sudoración (Vanos, 2010, Ramanathan, 1964). El confort térmico se determina en gran medida por la temperatura superficial y su relación con las respuestas fisiológicas (Bulcao et al, 2000; Yao et al, 2007); estas relaciones tales como la humedad relativa y la tasa de sudoración, están estrechamente ligada a la temperatura central del cuerpo (Bulcao, 2000).

La Sensación térmica es la percepción de calor o frío (lo que se siente) (Givoni et al., 2003), la mente consciente llega a conclusiones acerca de la sensación, directamente de la temperatura de registradas en la piel (Yao et al., 2007). Esto a través de termo-receptores

localizados en la epidermis (corpúsculos de Ruffini y Krauss) que perciben los cambios de en el ambiente térmico donde se tomarán lecturas en un amplio rango de temperatura.

Kenshalo (1970) completó una investigación detallada sobre la psicofísica, relativo a los estímulos físicos y la sensación psicológica en el cual encontró que el disparo de los receptores depende de los rangos de temperatura y la sensación, (cuando la diferencia de temperatura es significativa) depende de más que nada de la diferencia de las temperaturas centrales y de superficie del cuerpo además de las características individualizadas de las mismas, donde la piel es relativamente insensible a intervalos mínimos de temperaturas cuando estas van entre 29 °C a 37 °C, con lo cual se produce la adaptación térmica fisiológica del cuerpo al ambiente.

La adaptación térmica del cuerpo se produce cuando se alcanza un nuevo equilibrio fisiológico después de estar bajo estrés o tensión bajo condiciones de calor o el frío, al mismo tiempo que los rangos de tolerancia crecen o decrecen entre los distintos individuos. Los modelos confort humano en general no han tenido en cuenta las variaciones individuales de la adaptación (Huizenga et al., 2001), sobre todo en lo concerniente a aspectos psicológicos de los individuos obtenidos en la infancia de los mismos (comportamientos, expectativas y experiencias) (Nikolopoulou et al, 2004;. Parsons, 2003; Nikolopoulou y Steemers, 2003).

Los cambios de confort durante el ejercicio se dan según Havenith (2002) se dan por las siguientes razones: 1) para el desarrollo de actividades intensas o ejercicio un individuo se prepara y espera condiciones de incomodidad térmica (expectativa y experiencia) (Parsons, 2003); 2) el hipotálamo genera diferentes hormonas durante el ejercicio causando una sensación de placer (dopaminas, adrenalina, endorfinas) (Havenith et al, 2002).; y 3) el aumento de flujo sanguíneo llevará calor adicional producido – y causante del aumento de la temperatura central – a hacia la piel (temperatura de superficie) para aumentar la pérdida del mismo por convección (Huizenga et al., 2001).

La principal función de temperatura de la piel está ligada al flujo sanguíneo y ayuda al mismo a distribuir el calor de manera más o menos uniforme por el cuerpo (Huizenga et al.,

2001), y está relacionada a la producción de sudor para localizar la temperatura de la piel que puede tener afectaciones en el desempeño y la salud de los individuos.

Maw et al. (2000) analizó los sujetos realizando ejercicios a un nivel intenso de la actividad, con un 60-69% de la humedad relativa, registraron un menor índice de esfuerzo, en temperaturas frías (8 °C) mayores en temperaturas cálidas (40 °C). Esto es debido a la vasodilatación de los vasos sanguíneos en cuando se elevan las temperaturas como respuesta fisiológica, y provocando respuestas corporales como irritación, hipotensión (disminución la presión arterial) y disnea (respiración difícil o trabajosa) durante el ejercicio.

Lo que da como resultado un aumento en la demanda de oxígeno durante el ejercicio, lo que aumenta el ritmo cardiaco y por lo tanto el flujo sanguíneo, que sirve a la vez de termorregulación del cuerpo (Vanos, 2010). El flujo sanguíneo normal para una persona sedentaria durante la neutralidad térmica es de 1,75 gs m², y con cada aumento en 1 °C a la temperatura central, por encima de la normal (36,8 °C), el flujo sanguíneo se incrementa en 56 gs m² debido a la vasodilatación, en última instancia conduce a la pérdida de calor por convección en la superficie, lo que da como resultado la temperatura superficial (de la piel) (Parsons, 2003).

Estudios han encontrado que existen diferentes efectos termorreguladores en diferentes ambientes, donde el calor se llega a distribuir de manera desigual en el cuerpo debido a la masa, tamaño y resistencia (Munir et al, 2009) y el género de las personas (Sakoi et al, 2007;.. Yao et al, 2007) Así pues la tasa metabólica de una persona de sexo masculino es 11% mayor que la de una de sexo femenino (Parsons, 2003); por lo tanto, el ritmo cardiaco, flujo sanguíneo y temperatura de la piel de los hombres es mayor a la de las mujeres que realizan actividades intensas (Yao et al., 2007).

Se desarrolló una fórmula de ponderación para calcular la temperatura de la piel, realizada por Ramanathan en 1964, A partir del análisis de 112 mediciones de tres sujetos durante un período de un año, y la cual se basa en cuatro puntos en el cuerpo: el pecho, muslo, pantorrilla y brazo superior, la cual se muestra a continuación:

$$\bar{T}_{piel} = 0.3T_{pecho} + 0.3T_{brazo} + 0.2T_{pantorrilla} + 0.2T_{muslo}$$

Ecuación 21

La base para esta fórmula era considerar partes del cuerpo que influyen en los cambios de temperatura de la piel, como los músculos que intervienen en las actividades y que no se encuentren cubiertos (expuestas). Mitchell y Wyndham (1969) compararon la frecuencia del método de 4 puntos Ramanathan donde encontraron que la formula puede ser ideal para estudios de campo sobre muchos temas. Esta fórmula fue utilizada por Sparks et al. (2005) en el análisis de la temperatura en actuaciones de duatlón, y por Mora-Rodríguez et al. (2008) para medir las respuestas de termorregulación durante el ejercicio constante y variable.

Mora-Rodríguez, (2010) comparó las respuestas termorreguladoras entre consumo de oxígeno variable (50-90% del VO_{2MAX}) y constante (60% del VO_{2MAX}) de ejercicio en un ambiente caluroso y seco para comparar almacenamiento de calor y la disipación del mismo. Se encontró que el ejercicio afecta en el aumento termorregulador, cardiovascular y estrés metabólico, lo que resulta en el almacenamiento de calor durante el mismo.

Con lo que explica primeramente que el ejercicio reduce variable de la conductancia de calor a través de la piel, (aumento de la temperatura superficial) y por lo tanto del flujo sanguíneo, lo que limitaría la disipación de calor y aumentar el almacenamiento del mismo. En segundo lugar, el aumento de almacenamiento de calor es causa de la ineficaz evaporación del sudor provocada por baja velocidad del viento ($v_w = 2,5 \text{ m s}^{-1}$), con lo que se inhibe el enfriamiento por evaporación. Lo que causa una reducción del flujo sanguíneo de la piel (11%) y la disminución de la disipación de calor.

El enfriamiento por evaporación que se produce durante el ejercicio, tanto en ambientes fríos y calientes, en el que la importancia relativa en ambientes calurosos es mayor cuando $T_{BS} > T_{piel}$, momento en el que la convección se suma a calentar la carga (Brotherhood, 2008). En estas condiciones, la evaporación y la radiación de onda larga que emana el cuerpo, son los únicos términos de pérdida de calor en la superficie de la piel y de regulación de la temperatura superficial.

Producción de sudor

Un mecanismo responsable del control termorregulador en los seres humanos es la sudoración, producida a partir de las glándulas sudoríparas ecrinas, situadas por todo el cuerpo; se ha estudiado los mecanismos básicos de la secreción del mismo como controlador primario de la temperatura en los seres humanos durante el estrés por calor y el ejercicio, para tener más conocimiento sobre su efecto y su producción en los procesos fisiológicos del intercambio de calor (Shibasaki et al., 2006).

El sudor es producido generalmente como un medio de refrigeración corporal conocido como transpiración. También puede ser causado por una respuesta física a la estimulación y el miedo, ya que estos aumentan la excitación que el sistema nervioso simpático ejerce sobre las glándulas sudoríparas (Krstic, 2004).

Las glándulas ecrinas están formadas por un glomérulo secretor y un conducto excretor que desembocan directamente a la superficie de la piel. Existen unas 600 glándulas por centímetro cuadrado de piel, con mayor concentración en palmas de las manos, plantas de los pies y región frontal de la cara. Segregan un litro al día en condiciones basales y pueden perder hasta 10 litros en condiciones extremas (Krstic, 2004).

Estas desempeñan funciones importantes en el metabolismo hidroclorado, en la termorregulación por evaporación del sudor y humedad de la superficie de la piel. El control de la producción por las glándulas sudoríparas ecrinas lo realiza el sistema nervioso simpático; al aumentar la actividad del sistema simpático, aumenta la cantidad de secreción de sudor.

Hay dos formas de la transpiración derivados de glándulas ecrinas: sensible (Es) y evaporación insensible (Ei), cuando éste no está sujeto a control termorregulador (Fanger, 1972). La Ei es la difusión directa de vapor a través de la piel sin gotitas que aparece en la superficie cutánea, como ocurre en la transpiración sensible (Vanos, 2010).

La producción de sudor depende del requerimiento de evaporación (E_{req}) para un presupuesto equilibrado. Esto se determina por la suma neta de calor resultante de metabolismo (M), la radiación (R) y la convección (C) ($E_{req} = M + C + R$), y debe ser igual para lograr el equilibrio térmico (Brotherhood, 2008) con lo que el resultado de esta

suma siempre deberá ser positivo para que se dé la sudoración. La regulación de este equilibrio se produce a través de las señales nerviosas de los receptores en la superficie de la piel y dentro del cuerpo que envían información al hipotálamo (Wyss et al, 1974;.. Huizenga et al, 2001; Parsons, 2003; Shibasaki et al, 2006).

La respuesta de sudoración está determinada casi exclusivamente por la temperatura central (T_c), debido a su impacto directo en la del hipotálamo (Wyss et al, 1974, Parsons, 2003) y en segundo lugar afectado por la temperatura de la piel y la local de glándulas sudoríparas (Shibasaki et al, 2006). En la sudoración el hipotálamo controla por medio de la transmisión de información a las glándulas la conveniencia de aumentar o disminuir éste proceso si el cuerpo o la piel está demasiado caliente o fría, respectivamente (Huizenga et al., 2001).

El concepto de la temperatura corporal media, que representa la suma de una fracción ponderada entre T_c y T_{piel} , se utiliza con frecuencia para expresar la respuesta de sudoración (Shibasaki et. al. 2006); estas fracciones son aproximadamente 0,9 para T_c y 0,1 para T_{piel} (Gagge y Nishi, 1977), mostrando así la importancia relativa de cada temperatura en las respuestas de la sudoración. Las tasas de sudoración y la posterior acumulación de evaporación pueden variar debido a los atributos individuales, como el peso, la altura, la forma y la aclimatación al calor (Brotherhood, 2008).

La aclimatación se produce por un desequilibrio de energía que se traduce en ganancia de calor o intercambio de calor positivo del cuerpo. Por este proceso, la relación entre la temperatura interna y la tasa de sudoración se desplaza a una temperatura interna inferior, y la distribución de sudor también puede cambiar (Parsons, 2003; Shibasaki et al, 2006). Se necesitan estudios para comprender los efectos otros factores durante el ejercicio (psicología, aclimatación, expectativa y experiencia), las interacciones entre estos factores sobre la respuesta del sudor (Shibasaki y col., 2006) e influencias de la tasa de sudoración en relación al confort térmico durante el ejercicio.

2.3.2.- Factores externos de la sensación térmica

Ambiente térmico

El ambiente térmico está conformado por parámetros de tipo meteorológico, fisiológico, espacial (arquitectónico o natural) y circunstancial, los cuales influyen en la termorregulación humana y la sensación térmica percibida (Szokolay, 2004).

Las 6 variables que definen la interrelación entre la persona y el ambiente térmico son las siguientes: 1) la temperatura del aire, 2) la temperatura radiante, 3) la humedad del aire, 4) la velocidad del aire, 5) la actividad desarrollada, 6) la vestimenta, las cuatro primeras las aporta el entorno y las dos segundas la persona.

El ambiente térmico se considera puede tener las siguientes cuatro condiciones generales: 1) bienestar o confort; 2) permisible; 3) crítico por calor; 4) crítico por frío

En lo que respecta a los parámetros meteorológicos, si bien la humedad no afecta directamente la carga de calor operativa del cuerpo humano, sí determina la capacidad de evaporación del aire, lo que influye en la capacidad de enfriamiento (Givoni, 1976). La velocidad del viento, por convección, determina el intercambio de calor del cuerpo e influye en la capacidad evaporativa del aire.

Por otro lado, el sexo es una característica de las personas que influye en la adaptación térmica; según Fanger (1972), la mujer tiene mayor dificultad de adaptación debido a que posee valores ligeramente menores de temperatura de la piel, capacidad evaporativa y metabolismo respecto a los del hombre. Se considera que la temperatura efectiva preferida por las mujeres es 1,0 K superior a la preferida por los hombres.

La complexión física de las personas influye directamente en la sensación de confort térmico, debido a que la producción de calor de un cuerpo es proporcional a su volumen; a medida que aumenta el tamaño del cuerpo, la relación superficie-volumen se hace cada vez menor, dado que la superficie crece con el cuadrado de sus medidas y el volumen crece al cubo (Mondelo, 2013; Vanos, 2010, Cheung, 2009).

Las personas corpulentas tienen mayor volumen y producen más calor, por lo que son más afectadas en climas cálidos que las personas con menor complexión física. Asimismo, a mayor superficie, la disipación de calor se incrementa, por lo tanto, en climas fríos, cuando es necesario mantener el cuerpo caliente, es mucho más fácil para una persona con

complexión pequeña mantenerse caliente que una con mayor complexión (Cheung, 2009, Vanos, 2010).

En lo que respecta al nivel de actividad, ésta se refleja de manera fisiológica en la relación metabólica. El estado de salud de las personas influye en la percepción de confort térmico, ya que se afectan funciones relacionadas con la termorregulación y el metabolismo. Existen condiciones biológicas como el periodo menstrual, embarazo, lactancia, enfermedades crónicas, menopausia y andropausia que alteran el funcionamiento de la percepción térmica. Estas situaciones pueden ser de tipo permanente o circunstancial.

Por otro lado, Las propiedades termofísicas de los materiales, según González (2002), determinan la capacidad de almacenar, transmitir, reflejar y emitir energía, por lo que afectan en la temperatura del espacio. El color y la textura influyen en la cantidad de energía absorbida, reflejada y emitida por los materiales.

El tiempo de permanencia en el ambiente térmico permite el establecer periodos de variación del sistema de termorregulación que, según la norma ISO 7730 (2005), es de 30 minutos para actividades pasivas; sin embargo, este periodo de tiempo puede reducirse conforme aumenta el nivel de actividad metabólica (de Freitas y Ryken, 1989). Por otro lado, el tiempo de permanencia influye en la aclimatación y por lo tanto en la percepción del confort térmico.

Adaptación térmica humana

La adaptación térmica, según Nikolopoulou y Steemers (2003), es “*el decremento gradual de respuesta del organismo a repetidas exposiciones a estímulos que se reciben de un medio ambiente específico*”. La adaptación térmica humana representa la mayor influencia para las respuestas generadas en el hipotálamo respecto a la sensación térmica percibida. La sensación de confort térmico es producto del grado de adaptación del usuario y las variables del espacio que influyen en él. Según estos autores, la adaptación se divide en fisiológica y psicológica; los parámetros que conforman cada uno de estos conceptos (Tabla 5).

La termorregulación humana responde a estímulos externos del cuerpo (temperatura, humedad relativa, viento y radiación emitida por la envolvente), sin embargo, cuando éstos varían de tipo e intensidad constantemente, el decremento gradual de respuesta es menor que cuando la variación es estrecha. Si se da un decremento gradual del efecto del estímulo y se llega a un mínimo se considera que se logra la aclimatación.

Cuando el organismo se expone a actividades físicas similares constantemente en un ambiente térmico determinado, los mecanismos psicológicos y fisiológicos de termorregulación se ajustan entre los primeros cuatro y siete días. Según Rhoades y Tanner (1997), la aclimatación comienza en los primeros días de exposición al ambiente térmico y concluye aproximadamente en 10 días (siempre que los procesos de actividades sean iguales o similares).

La naturalidad del espacio se define por la presencia de materiales y mobiliario que modifican la condición natural del entorno; según Nikolopoulou y Steemers (2003), se ha podido observar que las personas pueden tolerar cambios mayores en un medio ambiente físico de tipo natural.

El entorno sociocultural se refiere al conjunto de condiciones circunstanciales que definen los modos de vida y costumbres del sujeto —así como el conocimiento empírico del clima— a partir de los cuales se determinan los tipos de edificación, vestimenta, convivencia social y rutina (actividades, tiempo y periodo de uso de los espacios) que influyen en la experiencia y la expectativa de la sensación térmica, inclusive, de varias generaciones. Con ello, es posible identificar la influencia del entorno sociocultural en la adaptación psicológica las personas.

Otras variables que influyen en la percepción térmica de los sujetos son los hábitos y las preferencias personales las cuales varían en función al tipo de actividad desarrollada (pasiva, moderada e intensa).

En la evaluación del confort térmico de los espacios exteriores, la adaptación psicológica es importante y existe una gran influencia entre sus distintas variables (Nikolopoulou y Steemers, 2003). El ambiente físico es importante en el confort térmico en espacios

exteriores, pero la adaptación térmica es también un factor importante. Más que contrarios, el ambiente físico y la adaptación psicológica son complementarios

La capacidad que tienen las personas que usan un espacio para regular las condiciones térmicas, influye en el rango de confort, pues el tener más opciones de control conduce a un rango de temperaturas de confort más amplio. Las oportunidades de adaptación en interiores se relacionan acciones sobre la envolvente de los espacios tales como abrir o cerrar ventanas y ajustar persianas, entre otros, así como modificar condiciones personales como variar la posición, ajustar la vestimenta, ingerir bebidas frías o calientes, etc.

La adaptación en el ambiente urbano tiene, si no la misma cantidad de opciones, una variedad mayor de posibilidades para los usuarios del espacio, entre las que se incluyen elegir un lugar en específico para estar o moverse a otro (por ejemplo, al buscar sombra), modificar su metabolismo por incremento o decremento de la actividad física, ingerir bebidas calientes o frías y una mayor amplitud en la posibilidad de la ropa a utilizar (Steeners et al., 2004).

Tabla 5.- Variables que intervienen en la adaptación humana.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
ADAPTACIÓN FISIOLÓGICA	
ACLIMATACIÓN	La intensidad y tipo de estímulos pueden variar por ambiente térmico. Si se da un decremento gradual del efecto del estímulo y se llega a un mínimo se considera que se logra la aclimatación.
ADAPTACIÓN PSICOLÓGICA	
NATURALIDAD DEL ESPACIO	Medio libre de artificialidad, se evidencia de manera incremental que las personas pueden tolerar cambios mayores en el medio ambiente físico de manera natural.
EXPECTATIVA Y EXPERIENCIA	Expectativa: lo que el usuario supone que el medio ambiente debería ser, más aún de lo que es. Experiencia: efectos de memoria de sensaciones y vivencias de otros espacios, relacionan estos con “nuevos espacios” lo que afecta directamente las expectativas de las personas.
TIEMPO DE EXPOSICIÓN	Una exposición al disconfort no se ve negativa sí el individuo se anticipa a la situación que se expondrá y controla los tiempos de exposición a la misma. Los tiempos de exposición pueden ser establecidos en base a la actividad a realizar, o la condición misma de disconfort.
CONTROL DE PERCEPCIÓN	Las personas que tienen un alto grado de control sobre la influencia de la fuente de incomodidad, toleran variaciones amplias y las respuestas emocionales negativas del usuario se ven reducidas, ya que pueden propiciar cambios que restablezcan la comodidad.
ESTIMULACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	Cuando un ambiente térmico se vuelve intolerable es rechazado por el usuario. El ambiente estimula al usuario, y este establece bajo sus condiciones particulares sí está o no en confort térmico.
CONDUCTA	Cambios que forman parte de la conducta personal como: tipo de ropa, postura y

REACTIVA	posición física o alteraciones metabólicas mediante el consumo de bebidas calientes o frías.
CONDUCTA INTERACTIVA	Acciones conductuales en las que las personas toman decisiones y modifican el ambiente térmico inmediato para conseguir condiciones de confort térmico.
ENTORNO SOCIOCULTURAL	El modo de vida y costumbres locales como tipos de construcción, alimentación, vestimenta y actividades de convivencia, además del conocimiento empírico del clima influyen en la experiencia y expectativa térmica, por lo tanto, en la sensación percibida.
HÁBITOS Y PREFERENCIAS	Los hábitos y preferencias personales influyen en las preferencias térmicas de los individuos. Estas variarían en función del tipo de actividad: pasiva, moderada e intensa.

Fuete: Elaboración propia, en base a Nikolopoulou y Steemers, 2003.

Arropamiento, temperatura de la piel y confort térmico

El impacto de la ropa en la temperatura de confort (TC) tiene un gran efecto sobre la satisfacción del usuario (Huang, 2007). La última norma internacional para la TC es ISO 9920 (2007), y la importancia de este documento se puede atribuir a su enfoque estandarizado para los investigadores de todo el mundo para evaluar cómo un ser humano se ve afectada por la ropa que usan en un entorno determinado.

La ISO 9920 (2007) examina el efecto de movimiento del cuerpo y la penetración de aire en el aislamiento térmico y resistencia al vapor de agua de la ropa ($rc_{v,o}$) para evaluar la tensión térmica en un individuo. En él se esbozan a fondo ecuaciones que implican interacciones del entorno físico con conjuntos de ropa y diferentes elementos del cuerpo. Para la investigación específica de ejercicio, el documento ISO no tiene en cuenta la absorción de agua por la ropa, o el almacenamiento en búfer o la comodidad táctil de prendas de vestir (ISO 9920, 2007). También no trata con el aislamiento separado en diferentes partes del cuerpo en relación con la incomodidad causada por la asimetría de un conjunto de ropa.

En este caso, el objetivo de la vestimenta es evitar la pérdida de calor en el ser humano, por lo tanto, la clasificación de la ropa (grado de arropamiento) se establece según su capacidad de aislamiento; para ello, la unidad de medida de dicha capacidad es el *clo*. La escala *clo* está ideada para que una persona totalmente desnuda posea un valor de 0,0 *clo*; ésta es directamente proporcional a la cantidad de ropa utilizada por la persona, por ello, para el cálculo del valor total de aislamiento por ropa se suman los valores *clo* de cada una de las prendas.

Para obtener un valor de clo preciso es necesario incluir el nivel de aislamiento de los sillones, los asientos y las camas sobre los que esté postrada la persona, ya que estos objetos también reducen la pérdida de calor del cuerpo humano (Kvisgaard, 1997).

El arropamiento también es denominado aislamiento intrínseco de la vestimenta (ICL) y se expresa en unidades de prendas de vestir (clo). En este contexto, se hará referencia a la resistencia de la ropa (r_c), que actúa en serie con la resistencia del tejido (r_t), y la aerodinámica de las mismas (r_a) ($s\ m^{-1}$). La ropa se suma a la resistencia de los intercambios de calor y evaporación por convección, y actúa como una interfaz entre el cuerpo y el medio ambiente circundante (Gaitani et al., 2007). Los valores de ICL o clo son mediciones hechas en laboratorio, en condiciones normales (Havenith et al, 2002) sin corrientes de aire, a excepción de valores de VV de promedio para espacios climatizados ($0,15\ 0,2\ m\ s^{-1}$).

Según Jones (2002), esto es un inconveniente ya que los modelos estándar unidimensionales son propensos a errores al aplicar velocidades de aire elevadas. Por esta razón, Kenny et al. (2009b) propuso una ecuación usando factores de reducción de ICL y resistencias de vapor a distintas velocidades del viento y de la actividad (Ecuación 22).

$$r_c = r_{co}(-0.37(1 - \exp^{-va}) + 1) \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

r_{co} = Resistencia estática de ropa ($r_{co} = I_{cl} \times 186,6\ m^{-1}$, donde $1 = 186,6\ clo\ m^{-1} = 0,1555\ m^2\ ^\circ C^{-1}\ W^{-1}$)

va = movimiento debido a la actividad que se realiza (velocidad).

El aislamiento promedio de tejido corporal desde el núcleo del cuerpo a la superficie de la piel es $0,16\ clo$ durante la vasodilatación, en comparación con $0,64\ clo$ de la vasoconstricción (Monteith y Unsworth, 1990). Nielsen (1990) mide la carga térmica impuesta por la radiación del sol sobre temas que completan un ciclo al aire libre durante 60 minutos vistiendo negro (albedo = $0,28$) o la ropa blanca ($0,45$). Encontraron que la ropa

de negro dio lugar a una mayor TSK 3-4°C, un aumento de 10 latidos por minuto en recursos humanos, y 100 g h⁻¹ aumento de la tasa de sudoración.

2.4.- CONFORT TÉRMICO: ENFOQUES Y MODELOS

Según normas internacionales y expertos investigadores en el tema de confort térmico este se define de diversas maneras; las primeras mencionan que el confort es una condición de satisfacción mental con el ambiente térmico (ISO 7730, 2005) o condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico, la cual se evalúa subjetivamente (ASHRAE, 2010).

Según Mondelo (2013), la incomodidad térmica, o la falta de confort térmico en los habitantes, puede conducir una baja en la productividad de las actividades realizadas y deterioro de la calidad de vida de los mismos, lo que se produce a partir de las condiciones no favorables del ambiente térmico.

Existen variaciones físicas y psicológicas que dificultan la sensación de confort bajo mismas condiciones entre diferentes individuos. Al respecto se han hecho numerosos estudios de laboratorio y campo que pueden asegurar que bajo ciertas condiciones un porcentaje específico de personas se sentirán térmicamente confortables (ASHRAE, 2010). Pero, “por razones técnicas o económicas, no siempre es posible un estado micro climático que dé lugar al confort térmico” (Mondelo et al., 2013). Al ser tan variable la condición psicofísica de las personas, es imposible que el total de las personas se muestren confortables en cualquier condición de microclima (Mondelo et al., 2013).

Al momento hay dos tipos de enfoques a través del cual se intenta explicar el fenómeno del confort térmico: el racional y el adaptativo (Djongyang et al., 2010) (Figura, 11).

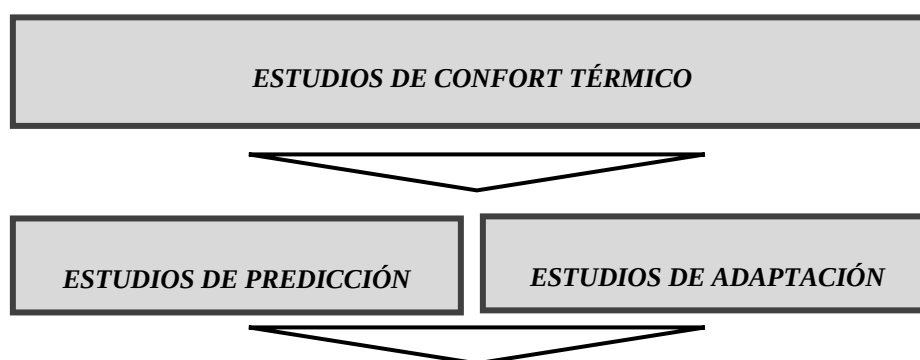
Enfoque de Predicción	Recopilación en laboratorio	Recopilación de datos en campo	Enfoque de Adaptación
	Condiciones de prueba controladas	Condiciones de prueba con variación continua	
	El individuo aislado de su hábitat	El individuo se estudia en su hábitat	
	Se estudian reacciones fisiológicas	Se estudian reacciones fisiológicas y psicológicas	
	Individuo como receptor pasivo no busca el confort térmico	Individuo como receptor activo en busca del confort térmico	
	Nivel de adaptación: fisiológico	Nivel de adaptación: fisiológico, psicológico	

Fuente: Elaboración propia

Figura 11.- Diferencias entre los enfoques de estudios de confort térmico.

Los índices empíricos son representativos solo para los contextos particulares para los que fueron desarrollados; los índices analíticos por otro lado, han sido desarrollados para ser universales y funcionan para la evaluación de ciertas cargas térmicas y hacen posible el determinar necesidades para intervenir espacios exteriores (Marques Monteiro, 2008).

Los estudios realizados para entender el confort térmico, desarrollaron bases del estudio sobre el mismo, tiene sus principios en conocer los aspectos de tipo general, que permiten identificar los enfoques de estudio, sus modelos teóricos-conceptuales, además de sus ventajas y desventajas (Figura 12). Otro aspecto importante es el poder diferenciar de forma clara los aspectos relevantes entre las sensaciones térmicas percibidas en los espacios exteriores e interiores, además de conocer los estudios de tipo correlacional que son el sustento del enfoque de adaptación.



Fuente: Elaboración propia, en base a Bojórquez, 2010.
Figura 12.- División general de los estudios de confort según su enfoque.

2.4.1.- Enfoque de predicción

El enfoque de predicción o cuantitativo, supone que la sensación térmica que experimentan las personas simplemente es una respuesta fisiológica del cuerpo; El marco teórico del enfoque de predicción, considera que la realidad y el confort térmico que experimentan las personas en determinadas situaciones, ésta sujeto a puntos de vista objetivos, el cual mantiene todas sus características independientemente de los diversos procesos del investigador (Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007).

Para los modelos predictivos, el cuerpo humano es un receptáculo para los estímulos térmicos. Se basa solo en los intercambios de calor del cuerpo con el ambiente térmico y las respuestas fisiológicas ante tales estímulos. En este enfoque, se hace la suposición de que las sensaciones térmicas -como caliente, tibio, fresco y frío- son proporcionales a las respuestas fisiológicas (de Dear *et al.*, 1997).

La manera en que este enfoque aborda la temática del confort, implica procesos de investigación particulares y deductivos, que abordan de forma separada los diversos factores que componen el fenómeno estudiado (Bojórquez, 2010); El propósito fundamental de este enfoque es establecer la relación causa-efecto del objeto estudiado, considerándolo así determinista y fenomenológico.

Este enfoque se utiliza sobre todo en las ciencias físicas y biológicas, ámbito donde se inserta la bioclimatología, que tiene como unos de sus objetos de estudio la sensación térmica humana, por lo que los bioclimatólogos han desarrollado diversos modelos

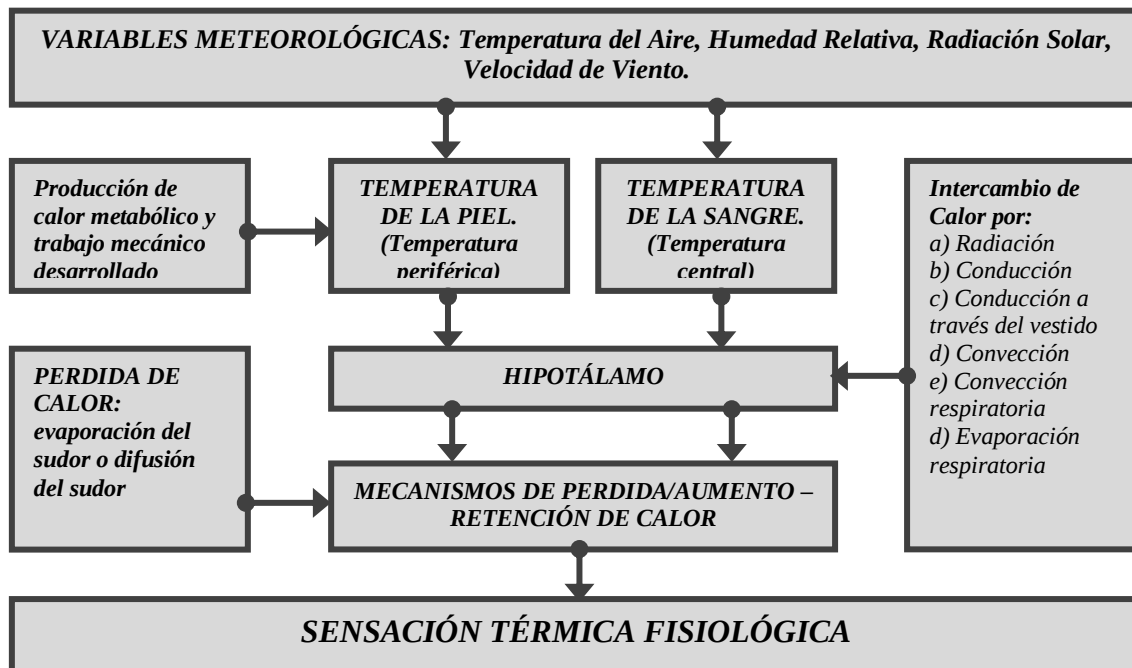
matemáticos que buscan establecer estándares de condiciones de ambientes térmicos consideradas confortables para el ser humano.

El modelo resultante de los estudios realizados con el enfoque de predicción de confort térmico (Figura 13), establece que el éste se reduce a un estado de equilibrio resultante del balance de las cargas térmicas que se intercambian entre el cuerpo humano y su ambiente inmediato, debido al proceso químico del metabolismo y al proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima: radiación solar, temperatura de bulbo seco, humedad relativa y velocidad del viento, como elementos principales (Critchfield, 1974).

Los elementos del clima son importantes en el proceso de la sensación térmica fisiológica, pues de estos depende las temperaturas periférica y central, cabe mencionar que aun cuando la mayoría de los modelos de confort térmico de predicción son para interiores y se considera sólo la radiación emitida por el ambiente térmico, existen para exteriores donde se considera el valor de la radiación solar directa e infrarroja.

La producción de calor metabólico y el trabajo mecánico desarrollado, generan calor interno, ambos dependen de la actividad que se realiza e influyen en los mecanismos de termorregulación. Los intercambios de calor por radiación, por convección natural, por convección respiratoria y por conducción, pueden aumentar o disminuir la sensación térmica fisiológica de calor a frío. Por otro lado, las pérdidas por evaporación respiratoria, por difusión del vapor, o por sudor, así como el efecto aislante de la ropa, afectan las decisiones del sistema de termorregulación.

El hipotálamo es el órgano encargado de controlar los mecanismos de la termorregulación; es en él donde se toman las decisiones de activar o inhibir las acciones de pérdida de calor o retención/aumento del mismo, para lograr una sensación térmica fisiológica adecuada. El enfoque de predicción, menciona que cuando el balance térmico resultante es cero, el individuo experimenta una sensación de confort, puesto que el cuerpo humano no está cediendo ni ganando calor; en otros casos, cuando es resultado es diferente a cero, el enfoque menciona que el sujeto se encuentra en un estado de discomfort térmico con el ambiente.



Fuente: Elaboración propia, en base a Bojórquez, 2010.

Figura 13.- Modelo conceptual de la percepción térmica bajo el enfoque de predicción.

El enfoque supone que todos los individuos son iguales desde un punto de vista fisiológico, por lo que se infiere que los procesos de percepción térmica de las diferentes personas son iguales, sin considerar la diversidad condiciones del ambiente en donde se desenvuelven (Bojórquez, 2010). Por lo que se puede denominar aproximación racional, al proponer éste índices de predicción universales.

Los trabajos de Houghton y Yaglou (1923) son la base para el desarrollo del enfoque predictivo, pues desarrollaron si investigación sobre confort denominada escala de temperatura efectiva (*Effective Temperature*, ET), la cual se puede definir como la temperatura de un ambiente dado con una humedad relativa de 50.0 %, donde un individuo experimenta el mismo intercambio de calor con un ambiente a la temperatura y a la humedad relativa de estudio. Auliciems y Szokolay (1997) mencionan que la ET estima el valor equivalente a la temperatura que las personas realmente sienten por efecto de la humedad en la atmósfera, aunque no sea la misma que registran los instrumentos.

El modelo de la ET visualiza al cuerpo humano como un conjunto de dos cilindros concéntricos, uno central y otro delgado a manera de piel alrededor del primero, modelo conocido como de dos nodos (2-nodos). La vestimenta y el sudor son asumidos como



distribuidos uniformemente sobre la superficie del cilindro periférico que se expone inicialmente a un ambiente uniforme, y el modelo genera minuto a minuto simulaciones del sistema termorregulador humano.

Después de que el periodo de tiempo especificado para el usuario se ha cumplido, la temperatura final de superficie y la superficie de piel humedecida del cilindro son usadas para calcular la ET. De esta forma se determinó que la ET óptima se encuentra en los 18,9 °C, y que puede oscilar entre los 17,2 y los 21,7 °C, tanto para los hombres como para las mujeres, en reposo y vestidos normalmente (Auliciems y Szokolay, 1997).

Con métodos de desarrollo semejantes, Bedford (1950) afirmaba que la temperatura ideal en interiores con poco movimiento del aire (menos de 0,25 m/s) para Inglaterra, era de 18 °C. Brooks a su vez, declaraba que oscilaba entre los 14 y los 21,1 °C, y Markham que lo hacía entre los 15,6 y los 24,4 °C. El estándar alemán por su parte, se situaba en 20,8 °C, el de Estados Unidos entre los 20,56 y los 26,7 °C y el de los trópicos entre los 23,3 y los 26,7 °C (citados por Olgyay, 1963).

Índices más recientes derivados del modelo de dos nodos son la Temperatura Efectiva Normalizada (Standard Effective Temperature SET, Gagge, Stolwijk y Saltin, 1971) que tiene la ventaja de permitir comparaciones térmicas entre ambientes con cualquier combinación de las variables físicas introducidas, pero la desventaja de considerar sólo personas “estandar” y el ET-DISC (ASHRAE, 1985) que ejecuta las simulaciones de la ET en periodo dinámico. Sin embargo, el estándar que más influencia ha tenido es el propuesto por Fanger (1970). Su hipótesis consiste en que el valor de la temperatura de confort térmico puede definirse en términos del estado físico de las personas, y no en términos de las condiciones del ambiente térmico (Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007).

En consecuencia, ese valor puede derivarse de una ecuación de balance térmico humano para una persona dada a un nivel de actividad específico, donde la condición es que su temperatura media de la piel y su secreción de sudor conserven valores dentro de límites reducidos. Fanger registró las temperaturas de la piel y las pérdidas de calor por evaporación, experimentadas por varios sujetos en pruebas en una cámara climática, y luego las trató mediante análisis de regresión estadística, como funciones de la tasa

metabólica. Estas regresiones estadísticas se insertaron en una ecuación general de balance térmico humano que se conoce como la Ecuación de Confort de Fanger (Ecuación 1).

Fanger estableció un valor de unidades adimensionales para su procedimiento de balance térmico, el cual predice la sensación térmica de un individuo con una vestimenta normal y una actividad determinada; es con esto que se iniciaron los modelos que se han denominado de predicción, pues supuestamente son capaces de predecir lo que las personas sentirían ante un ambiente térmico específico (Bojórquez, 2010).

Para lo anterior se retomó la experiencia de Bedford (1936), quién había hecho una investigación de campo donde establece una escala de siete puntos sobre los que los sujetos elegían el que más se ajustaba a su sensación del ambiente térmico. A tales respuestas Fanger las llamó “votos” y consideró al confort térmico como el conjunto de condiciones bajo las que las personas eligen las tres categorías centrales de la escala y no sólo la neutral, es decir que pueden estar entre lo “ligeramente fresco” y lo “ligeramente caluroso”, con lo que trata de absorber así los posibles desajustes entre la realidad objetiva y la opinión subjetiva de las personas (Fanger, 1972).

A partir de La ecuación de Fanger, se derivó el desarrollo del índice denominado Predicción del voto promedio (*Predicted Mean Vote*, PMV) y posteriormente, al realizar una comparación con estudios similares realizados en Dinamarca y Estados Unidos, creo otro modelo el llamado Porcentaje Previsto de Personas Insatisfechas (*Predicted Percentage Dissatisfied*, PPD) que complementa el resultado: cuando el PMV se aleja del valor neutral, el PPD se incrementa. El cual está basado en la transferencia de calor, y reconoce además el componente subjetivo de la apreciación personal de los ambientes; al hacer una adaptación empírica para evaluar la posible sensación al establecer una tensión térmica, basada en la transferencia de calor entre el cuerpo y el ambiente, donde asigna un voto de confort a esa cantidad de tensión.

2.4.2.- Enfoque de adaptación

El enfoque cuantitativo posee varias deficiencias en su metodología al momento de aplicarlo para el desarrollo de un modelo universal, es donde es necesario utilizar el enfoque de

adaptación; puesto que implica varias interacciones de variables tanto físicas, biológicas (clima, metabolismo, aislamiento térmico), como psicológicas (adaptación, tolerancia, experiencia y expectativa) cualificables pero difícilmente cuantificables (Bojórquez, 2010). Además, sus resultados varían de localidad a localidad, de un estrato sociocultural a otro e inclusive de individuo a individuo. (Brager y de Dear, 2003).

El enfoque de adaptación, es conocido también como enfoque cualitativo; Nicol y Humphreys (2002), mencionan que no solo toma en cuenta el intercambio de calor entre el cuerpo y el medio ambiente que lo rodea, además considera que el individuo realiza una serie de acciones para alcanzar el confort térmico; Gómez-Azpeitia (2007) menciona las diversas actividades para alcanzar la neutralidad térmica son: tanto internas de tipo fisiológico, psicológicos, donde se incluyen factores de modificación del ambiente circundante .

En contraste con lo que prescriben la mayoría de los estándares de confort térmico, este enfoque establece que los individuos no son receptores pasivos de estímulos sensoriales, sino que son participantes activos en la búsqueda del equilibrio dinámico que existe entre el cuerpo humano y el ambiente que lo rodea (Rincón, 2015). Durante este proceso de equilibrio, todas las variables que afectan al confort térmico son manipuladas por procesos involuntarios de carácter fisiológico, controladas por el sistema nervioso autónomo o por respuestas voluntarias conductuales controladas por el sistema nervioso central (Humphreys y Nicol, 1998).

Bajo la concepción del enfoque de adaptación, el confort térmico es concebido no sólo como el resultado objetivo de un balance energético entre el cuerpo humano y su entorno, sino como un estado mental en el que son involucradas distintas variables subjetivas (Bojórquez, 2010; Vanos, 2010).

Los resultados de este enfoque es que, con base en el tiempo y los recursos, los individuos siempre realizan acciones que permitan adaptarse a las diversas temperaturas y así evitar exponerse a condiciones que lo puedan afectar fisiológicamente. Según Bojórquez (2010) el discomfort o falta de confort se produce cuando las temperaturas: a) Cambian demasiado

rápido para la capacidad de adaptación, b) Están fuera de los límites aceptables, o, c) Son imprevistas o están fuera del control individual.

A diferencia del enfoque predictivo, el enfoque de adaptación no generaliza los resultados ya que toma en consideración la preferencia de que los individuos optan por diferentes temperaturas de acuerdo a la temperatura exterior. En este caso tiene que ver con el concepto de aclimatación térmica y está estrechamente relacionado con el tiempo de permanencia que pasa el individuo en determinado lugar, con un nivel de actividad y un tipo de clima específico (Nicol y Humphreys, 2002). En el estudio de este enfoque no se interviene ni se controlan los parámetros físicos que afectan la preferencia térmica de las personas.

El comportamiento humano y sus acciones, son un aspecto importante en la búsqueda del confort térmico (Humphreys y Nicol 1998), el comportamiento humano es un aspecto determinante en la búsqueda y la adquisición del confort térmico. La suposición fundamental de este enfoque afirma que si se produce un cambio en el ambiente que provoca incomodidad, las personas reaccionan de manera instintiva con el fin de restaurar las condiciones de comodidad (Bojórquez, 2010).

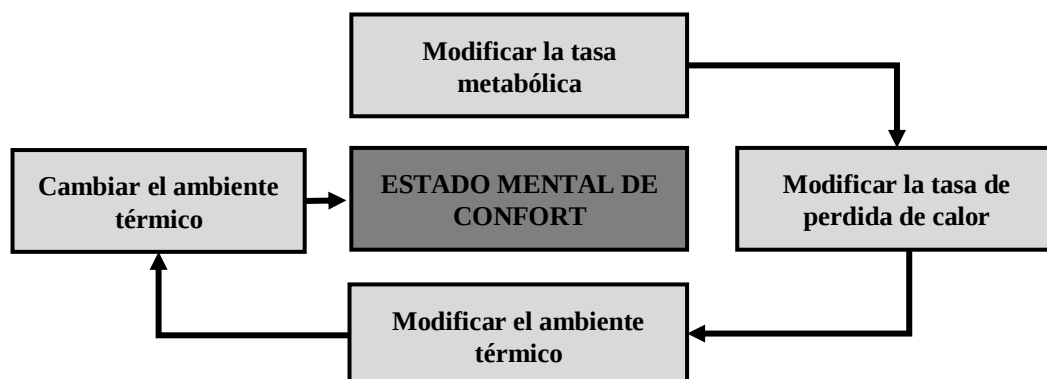
Nicol y Humphreys (1972) fueron los primeros en sugerir que estas acciones fueron resultado de una regeneración iterativa entre la sensación de los sujetos y su comportamiento, debido a que éstos se adaptaron a las condiciones climáticas y otras variables del medio en que se efectuó su estudio de campo. De ahí se derivó el nombre de *adaptación* con el que se conoce a los modelos e índices que se sustentan en este enfoque cualitativo.

Los modelos de adaptación se basan en el índice de calor equivalente de Bedford (1936), quién introdujo el empleo de estudios de campo para investigar la relación entre el ambiente físico y los sentimientos personales de confort en un ambiente de trabajo. Sin embargo, esta línea de investigación no fue seguida en muchos años dado el rápido desarrollo que tuvieron los modelos de predicción.

Los trabajos iniciales de Humphreys (1978) establecieron varios conceptos que han permitido el desarrollo de los modelos de adaptación. El primero es el concepto de temperatura de neutralidad, asumida generalmente como temperatura de confort, la cual se obtiene de un análisis de regresión lineal que correlaciona las respuestas (subjetivas) dadas por personas en un estudio de campo y los valores (objetivos) de los parámetros climáticos medidos con instrumentos. El segundo es la dependencia encontrada entre la temperatura de neutralidad y la temperatura media exterior, esta relación es más evidente en los edificios ventilados naturalmente.

Los modelos de adaptación se diferencian de los modelos de predicción fundamentalmente por el hecho de que no tiene una base termofisiológica sustentada en resultados experimentales de laboratorio, por el contrario, el modelo de adaptación se basa en resultados de estudios de confort térmico realizados en campo bajo una amplia gama de condiciones climáticas. Humphreys y Nicol (1998) puntualizan que los estudios bajo el enfoque de predicción muestran el efecto de las condiciones del ambiente térmico sobre los individuos y el confort; si se pretende explicar el comportamiento humano cómo la adaptación y modificación del ambiente, lo cual se debe de estudiar mediante la observación de la gente en el espacio urbano natural.

La temperatura de confort es resultado de la interacción entre los sujetos y su ambiente térmico. Las opciones de las cuales hacen uso los sujetos para reaccionar reflejan su situación fisiológica, psicológica subjetiva y psicológica volitiva (Rincón, 2015). En ese sentido, será menos probable que sufran incomodidad aquéllos con más oportunidades de adaptarse al ambiente o de adaptarlo a sus requerimientos mediante diferentes acciones que pueden realizar para alcanzar el estado mental de confort (Humphreys, 1981) (Figura 14).



Fuente: Elaboración propia, en base a Humphreys 1981.

Figura 14.- Acciones para establecer estados de confort, según el enfoque de adaptación.

Bajo las consideraciones anteriores y con este principio se han realizado estudios de campo desarrollados en una gama amplia de ambientes para deducir sus inferencias de confort térmico. Los resultados han reforzado la tesis inicial de Humphreys (1978) relacionada con la correlación existente entre la sensación térmica de los sujetos y la temperatura ambiente promedio a que están habituados.

A partir de la década de los 70's se han hecho investigaciones y verificaciones en numerosas localidades con el enfoque de adaptación y, aunque aún faltan muchos sitios de evaluar bajo este enfoque, los resultados han advertido que la noción de un ambiente térmico estático es una hipótesis que no concuerda con la realidad cambiante y adaptable del ser humano. Al respecto, Auliciems (1981) definió un modelo psicofisiológico de la percepción térmica basado en este enfoque. El modelo propuesto presenta tres tipos de consideraciones:

Climáticas y culturales. Donde se incluye el efecto de temperatura, la humedad, la velocidad de viento y la radiación solar, así como los hábitos y las costumbres que son afectados por las modificaciones ambientales y los cambios tecnológicos. Todos los aspectos mencionados anteriormente influyen en la expectativa térmica.

Psicológicas. La experiencia de los ambientes térmicos es influenciada por las modificaciones ambientales y tecnológicas, las cuales, por un lado, cambian el ambiente térmico e influyen en el balance térmico humano, y, por otro, enriquecen la experiencia de diferentes ambientes.

Fisiológicas. Donde el balance térmico afecta la termorregulación humana, la cual, a su vez, modifica simultáneamente al efecto térmico, el confort y la sensación percibida.

La preferencia térmica, la satisfacción y la sensación térmica percibidas dependen de la expectativa térmica; sin embargo, tanto la sensación térmica como la falta de confort, son

dos sensaciones de tipo discriminatorio, mientras tanto, el efecto térmico presenta una influencia de tipo decisivo para la satisfacción de tipo cognoscitivo.

2.4.3.- *Ventajas y desventajas de los enfoques de estudio*

Para poder entender las diferencias significativas entre los diferentes métodos de estudio para el desarrollo de investigaciones en el rubro del confort térmico: de adaptación y de predicción se deben establecer las ventajas y desventajas de cada uno de los mismos (Tablas 6 y 7).

Algunas de las ventajas prácticas y desventajas o críticas que se observan y han identificado durante el desarrollo de estudios de confort térmico a partir de la aplicación metodológica del enfoque predictivo son:

Tabla 6.- Ventajas y desventajas del enfoque de predicción

Ventajas	Desventajas
Las diferencias resultantes con la ecuación de Fanger (1972) dadas por: nacionalidad, sexo, edad y hora del día, no son significativas, por lo que sus índices (PMV - PPD) han sido usados en muchos estudios.	Los resultados no se ajustan con precisión a todos los casos, por lo que su aplicación no es universal.
El enfoque ha servido de base a otros procedimientos, como los de ANSI/ASHRAE 55 y los de ISO 7730.	Al estar definido por la ecuación de confort de Fanger, presenta las limitaciones del efecto de aclimatación y adaptación térmica humana demostradas en los estudios de Dear et al. (1997a).
Un modelo de balance térmico permite tener una base teórica sustentada en los fenómenos de transferencia de calor.	El enfoque predictivo va dirigido a sujetos que utilizan la climatización artificial de forma continua y su organismo no se adapta térmicamente a diferentes experiencias y expectativas térmicas
	El enfoque presenta dos limitantes: La restricción explícita de la temperatura de la piel y la pérdida de calor por evaporación en valores para confort y sensación neutral en un nivel dado de actividad. Sólo se aplica a humanos expuestos a un largo periodo en condiciones constantes cuyas características pueden ser medidas con exactitud; por ejemplo, el aislamiento de la ropa y la tasa metabólica.
	Los valores estimados con este enfoque resultan por debajo de los estimados con base en estudios de campo, lo que indica una subestimación de la capacidad de adaptación de los sujetos estudiados, particularmente, en condiciones de temperatura y humedad altas

Por otro lado, algunas de las ventajas y desventajas que se observan al desarrollar estudios de confort térmico a partir de la utilización metodológica del enfoque de adaptación.

Tabla 7.- ventajas y desventajas del enfoque de adaptación.

Ventajas	Desventajas
Los proyectos pueden tener presupuestos modestos ya que no se requiere la construcción, el equipamiento y la operación de cámaras de ambiente controlado.	Subjetividad: los modelos adaptativos son empíricos y consideran que la mayoría de sus fundamentos son especulativos y basados en suposiciones.
Los estudios pueden extenderse a lo largo del tiempo y recabar mayor cantidad de datos en un contexto diverso de parámetros climáticos.	Metabase de datos global inconclusa. existen temperaturas de confort térmico distintas en las diferentes regiones del planeta, esto valida los supuestos que los modelos de adaptación donde el valor de la temperatura de confort cambia según las variaciones del clima a lo largo del año y según factores de acceso a la tecnología que determinan su aclimatación.
No son necesarios cálculos complicados para estimar el nivel de arropamiento y la actividad metabólica de una localidad específica	Amplitud del rango de confort térmico. El confort térmico no es una situación puntual y estricta en la que solamente en un valor (temperatura neutra) las personas pueden experimentar confort, en realidad los individuos pueden estar en condiciones próximas a esa magnitud térmica sin que sientan malestar.
Los modelos adaptativos son útiles para la toma de decisiones en los procesos de diseño arquitectónico en función del ahorro de energía	Participación del habitante. Otra tarea pendiente es la determinación de la función que el habitante realiza en el proceso de adaptación mutua entre su organismo y el ambiente térmico circundante, lo cual plantea la necesidad de formular un modelo innovador.
Debido a la aceptación casi generalizada de los resultados obtenidos con base en el enfoque adaptativo, los estándares basados en el enfoque de predicción han ajustado sus procedimientos y aceptado, en parte, los preceptos de la adaptabilidad humana	Cambio climático. Los efectos que el calentamiento global ejercerá sobre el proceso objetivo de intercambio térmico entre el cuerpo humano y su entorno y, más aún, sobre la sensación subjetiva de confort no han sido suficientemente previstos.

2.4.4.- Modelos de adaptación y predicción

El análisis descriptivo de los modelos de confort térmico se presenta, de forma tabulada y sistemática, en las tablas contenidas en el anexo A; se estructuró a partir de los siguientes parámetros de análisis: modelo (nombre), autor, año (de desarrollo), lugar, sujetos de estudio, clima (del sitio con base en el cual fue elaborado), factores analizados (internos y externos) y espacio de evaluación. El orden de los modelos es cronológico; este análisis se basó en el realizado en la investigación de Bojórquez (2010). El nivel de relevancia, de acuerdo con el autor señalado, se estableció en función de los criterios siguientes:

- 1 Que haya sido la base para el desarrollo de una o más normas de confort térmico.
- 2 Que tenga aceptación en uso dentro de la comunidad de investigación.
- 3 Que su autor principal haya sido alguno de los líderes en investigación del área.

- 4 Que no fuera una adaptación o modificación de un modelo anterior sin aportación relevante.

Por sus características, los modelos de predicción analizados pueden clasificarse en alguno de los siguientes grupos:

- *Diagrama bioclimático*. Uso como herramienta de diseño.
- *Modelo biofísico*. Describe la parte fisiológica de la interacción del individuo - ambiente térmico, se basa en el balance energético.
- *Índice de temperatura percibida*. Para estimar un aproximado de la temperatura percibida por el habitante.
- *Índice de sensación térmica*. Para estimar la sensación térmica percibida
- *Índice de impacto del ambiente térmico*. Para estimar el impacto del ambiente térmico sobre la salud del habitante

2.4.5.- Estudios correlacionales.

Un estudio de tipo correlacional, lleva a cabo procesos de investigación múltiple e inductiva y abordan diferentes factores que componen el fenómeno estudiado, lo que permite vislumbrar una forma de ver la realidad. En este sentido, el enfoque adaptativo sugiere un método de investigación de tipo correlacional (Bojórquez, 2010).



Fuente: Rincón, 2015.

Figura 15.- Modelo conceptual de estudio correlacional de confort térmico.

El proceso de recopilación de información depende de: caso de estudio, variables a analizar, instrumentos a utilizar, diseño del cuestionario a aplicar, diseño de la muestra evaluar, procedimiento de aplicación en campo y análisis de datos (Figura 14).

El caso de estudio se refiere a la población blanco con la que se desarrollará la investigación, puede ser elegida con base en la edad, el sexo, el nivel de actividad, el clima (del lugar donde habitan) y/o el tipo de espacio en donde se desarrollan.

Las variables a analizar durante la investigación están definidas, en función de las características del sujeto de estudio (sexo, tipo de vestimenta y tasa metabólica, etc.), y, por otro, con base en las características físicas del ambiente térmico con las que cuenta el espacio de evaluación (temperatura del aire, humedad relativa, velocidad de viento y temperatura de globo negro, entre otras).

Los instrumentos de medición dependen, en principio, del tipo de variables a medir y/o registrar; se debe tener en cuenta la precisión de los sensores, las condiciones límites de

operación (para que se ajusten a las del ambiente térmico de estudio) y los intervalos de registro de la información.

El diseño del cuestionario debe corresponder con el objetivo de estudio, asimismo, debe basarse en la hipótesis de trabajo de la investigación. Los actuales cuestionarios se basan en la norma ISO 10551 (2019) donde se establecen preguntas relacionadas con las sensaciones térmicas a partir de una escala subjetiva de percepción térmica, aceptación personal y preferencia térmica, cabe mencionar que las preguntas se presentan en distintos idiomas para una adecuada interpretación de las mismas, sin embargo, deben considerarse los tecnicismos locales de cada lugar.

En cuanto al diseño de la muestra, es importante que ésta represente a la totalidad de la población estudiada; por ello, se debe considerar el tipo de muestreo y el tamaño de la muestra. En la mayoría de los estudios sobre confort térmico realizados, los tipos de muestreo han sido de tipo no aleatorio, debido a la dificultad de tener acceso a sujetos voluntarios para la aplicación de las encuestas.

La aplicación en campo representa la etapa donde se recopila la información de las variables seleccionadas con base en el equipo e instrumentos de trabajo, así como el cuestionario diseñado y el método de muestreo elegido. Esta parte del proceso es importante ya que de ella depende la posibilidad de errores o de sesgos en la información recopilada. Para evitar lo anterior, se recomienda la capacitación del personal, así como la elaboración de un manual de encuesta e instrumentación como material de apoyo en el trabajo de campo.

En el análisis de datos para establecer los modelos de regresión por correlación, el método a utilizar depende del tipo de análisis estadístico a desarrollar: regresión simple (una sola variable) o regresión múltiple (dos o más variables). En lo que respecta a los simples (regresión simple), existen dos procedimientos para establecer la temperatura neutra y los rangos de confort: Método estadístico convencional y Medias por Intervalos de Sensación Térmica (*MIST*)

2.5.- INSTRUMENTACIÓN

De acuerdo con Brager y de Dear (1998), es posible clasificar los tipos de datos recabados en el trabajo de campo, según la precisión de los instrumentos de medición y los procedimientos de aplicación del monitoreo de datos. La clasificación se conforma de tres grupos:

- *Clase I:* Los sensores y el procedimiento de aplicación son conforme a las normas ANSI/ASHRAE 55, ISO 7730 e ISO 7726.
- *Clase II:* Se miden la temperatura del aire, la temperatura radiante, la velocidad del viento, la humedad relativa, la vestimenta y el metabolismo (variables necesarias para el cálculo del balance térmico, el PMV y el PPD) y se aplican cuestionarios de manera simultánea. Los instrumentos o equipos de medición cumplen con algunas normas de calidad.
- *Clase III:* Mediciones simples de temperatura interior y, en algunos casos, de humedad relativa. Las mediciones no son continuas y se realizan asincrónicamente a la aplicación del cuestionario.

Por otro lado, con base en Bojórquez (2010), según la conformación de la muestra evaluada, los sujetos de estudio se pueden clasificar, por su forma de selección, en los siguientes grupos:

- Seleccionados de forma no aleatoria (determinística).
- Por contratación.
- Por disponibilidad (alumnos, empleados de oficinas, usuarios de espacios).

2.5.1.- Magnitudes de medición.

En cuanto a parámetros para el estudio del ambiente térmico, la estandarización involucra factores de distinta índole. Los parámetros del ámbito humano abarcan: corporal, esofágica, rectal, oral, timpánica y cutánea; calor metabólico que involucra fuerza, trabajo, nivel de actividad, y aislamiento térmico (Mondelo et al., 2013).

Los parámetros del ambiente térmico se componen de distintas magnitudes, que a continuación se explican. TBS, que indica la temperatura del aire, y es medida por un

termómetro común (Serra y Coch, 2005; Mondelo et al., 2013); la TBH (bulbo humedo) que está en relación con el efecto de enfriamiento por la evaporación del agua, lo que se mide en un termómetro al cual se le coloca una gasa húmeda en el bulbo (Serra y Coch, 2005); la TGN (en grados Celsius) que es en concepto la temperatura uniforme de una esfera negra mate en la cual los intercambios por radiación del cuerpo humano son iguales a los del ambiente real (Mondelo et al., 2013).

Está también el contenido de humedad en el aire que incluye a la humedad relativa, que es la relación porcentual entre la presión de vapor de agua existente con respecto a la máxima posible para la temperatura del aire existente (Mondelo et al., 2013); la específica, que se puede definir como la masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1kg de aire (FECYT, 2004); y la absoluta, es la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen determinado de aire. Están también la presión parcial de vapor de agua, presión del vapor de agua saturado a la temperatura del aire, presión parcial del vapor de agua en la piel a la temperatura de la piel (Mondelo et al, 2013).

Por otro lado, el movimiento del aire, que incluye velocidad del viento, velocidad de turbulencias y dirección del mismo (Mondelo et al., 2013). La VV tiene influencia en los intercambios de calor de las personas con el medio ambiente; convección y evaporación son afectadas por la misma que es relativa al cuerpo humano. La velocidad del aire se considera como la intensidad media de velocidad integrada sobre todas las direcciones. Además, la velocidad relativa es una relación entre la VV con la el movimiento de los sujetos (Mondelo et al, 2013).

La temperatura del aire influencia el intercambio de calor, porque si tiene temperatura más baja que la piel se perderá calor y si es más alta que la de la piel, habrá una ganancia de calor (Mondelo et al.,).2013

2.4.2.- Instrumentos para mediciones meteorológicas.

Los instrumentos meteorológicos para mediciones en zonas urbanas se presentan en la WMO-No. 8 (2008); por otro lado, tanto la norma ISO 7726 (1998) y el Manual de

ASHRAE (ASHRAE, 2010) describen los instrumentos adecuados para las mediciones de confort térmico en el interior (Tabla 8).

Las mismas mencionan que al realizar mediciones en espacios públicos exteriores debe de tomarse en consideración la exposición del instrumento a las variables, por lo que se debe de tener una protección para los efectos extremos de la radiación y la ventilación adecuada de los sensores de temperatura y humedad (Johansson, Thorsson, Emmanuel, Krüger, 2013).

Tabla 8.- Requisitos para instrumentos de acuerdo con la norma internacional ISO 7726: 1998

Parámetro de medición	Ambiente térmico	Rango de medición	Precisión		
			requerido		deseable
Temperatura del aire	Confort	+10 a +40 °C	±0.5 °C		±0.2 °C
	Estrés	-40 a +120 °C	-40 °C	±0.9 °C	±0.45 °C
			0 a +50 °C	±0.5 °C	±0.25 °C
			+120 °C	±3.3 °C	±1.65 °C
Temperatura media radiante	Confort	+10 a +40 °C	+2 °C		
	Estrés	-40 a +150 °C	-40 °C	±5.8 °C	±0.9 °C
			0 a +50 °C	±5 °C	0.5 °C
			+150 °C	±13 °C	±4.5 °C
Velocidad del viento	Confort	0.05 – 1 m/s	±(0.05 + 0.05 vv) m/s		±(0.02 + 0.07 vv) m/s
	Estrés	0.2 – 20 m/s	±(0.1 + 0.05 vv) m/s		±(0.05 + 0.05 vv) m/s
Humedad relativa	Confort	0.5-3.0 kPa	±0.15 kPa		
	Estrés	0.5-6.0 kPa	±0.15 kPa		

Fuente: Elaboración propia con base en Johansson, Thorsson, Emmanuel, Krüger, (2013) y ISO 7726 (1998).

La norma ISO 7726 y Johansson et. al. (2013) menciona ciertos criterios al momento de seleccionar los instrumentos meteorológicos, en el caso de los monitores de estrés térmico, las cuales se deben de tomar en cuenta al momento de realizar mediciones en espacios públicos exteriores y los cuales son:

- Protección adecuada de las sondas para minimizar el intercambio radiativo entre el instrumento y su entorno (ISO 7726, 1998; OMM-Nº 8., 2008).
- La ventilación apropiada del escudo de radiación, al usar un escudo de aspiración, para maximizar la convección y evitar la formación de aire caliente alrededor de la sonda (OMM-Nº 8., 2008);

- c) Con un tiempo de 1.5 veces el tiempo de respuesta del sensor debe transcurrir antes de que las mediciones pueden llevarse a cabo, para tener en cuenta la inercia térmica instrumento (ISO 7726, 1998; ASHRAE, 2010).

Para la velocidad y dirección del viento, que varían considerablemente en los espacios públicos exteriores, debe de tomarse en consideración lo siguiente al tomar las mediciones (ISO 7726):

- a) Preferiblemente tomar tres mediciones dimensionales (medición horizontal, así como la velocidad del viento vertical) pues esta variable meteorológica es muy irregular.
- b) Los instrumentos deben tener un tiempo de respuesta rápido y suficiente precisión (ISO 7726, 1998).
- c) El intervalo de medición debe ser lo suficientemente grande como para ser capaz de medir las velocidades bajas y altas, al menos en los lugares donde altas velocidades del viento de estas características son comunes.
- d) La copa y la hélice del anemómetro pueden no ser apropiados si se esperan vientos de baja velocidad, ya que tienen un umbral por debajo del valor mediante la cual la velocidad del viento no puede ser registrados;
- e) Los anemómetros de hilo caliente y hot-sphera pueden medir velocidades de viento bajas, pero tiene un límite superior de mediciones para ésta. Los anemómetros unidireccionales de hilo caliente son sensibles a la dirección del viento, mientras que los anemómetros de hilo caliente y hot-sphera multidireccionales son insensibles de la dirección del viento (ISO 7726, 1998).

En cuanto a las mediciones para la temperatura radiante media, existen herramientas las cuales se encuentran caracterizadas en estudios y normas los cuales mencionan que el instrumento debe de ser un termómetro estándar de globo pintado de negro, con un diámetro de 150 mm, de cobre (ISO 7726, 1998); estos equipos tienen serias dificultades al momento de tomar las mediciones como el tiempo para alcanzar el equilibrio que es de 20 a 30 minutos, que llevaría a tener datos erróneos en la investigación (Spagnolo y De Dear, 2003).

Por lo que este tipo de termómetros de globo negro, que tienen una gran constante de tiempo no son muy adecuadas para medir la temperatura media radiante, en espacios exteriores, donde los flujos radiativos y la velocidad del viento cambian constantemente (Spagnolo y De Dear, 2003, Johansson et. al. 2013).

Tanto la norma ISO 7726 (1998) y ASHRAE 55, (2010) recomiendan un color gris medio, en lugar de negro, cuando el termómetro de globo se encuentra expuesto a la radiación solar en espacios públicos exteriores y determinado el color por el promedio de tonalidades en la ropa que tienen las personas en dichas áreas.

2.4.3.- Cuestionarios

Los Cuestionarios o entrevistas estructuradas, se utilizan para recopilar datos de los encuestados en cuanto a la información general personal (edad, sexo, ropa, etc.), la percepción térmica, las preferencias, la aceptabilidad, etc. (Vanos, 2010; Johansson et. al. 2013). Estos pueden tener varias connotaciones y se pueden subdividir en diversos apartados para una mejor organización de los datos.

- Percepción subjetiva del ambiente térmico.
- Actividad física y aislamiento por ropa.
- Mecanismos psicológicos implicados en la evaluación del confort térmico.

En lo que respecta a la percepción subjetiva del ambiente térmico, se tiene que la norma ISO 10551 la cual está dirigida a entornos de trabajo principalmente, pero puede ser utilizada además en otras aplicaciones; sugiere una escala numérica de cinco niveles para describir el estado térmico de una persona: percepción térmica, confort térmico (evaluación afectiva), preferencia térmica, aceptabilidad personal y tolerancia personal. Por otra parte, ASHRAE 55 (2010), que está dirigido a aplicaciones en interiores, incluye escalas de percepción térmica y la aceptabilidad térmica (Tabla 9).

Tabla 9.- Protocolos para la percepción subjetiva del ambiente térmico.

Parámetros del estado térmico	Norma	Pregunta de encuesta	Escala de medición
Percepción térmica	ISO 10551 (2019)	¿Cómo se siente en este momento?	Escala de 7 puntos: frío (-3), fresco (-2), un poco fresco (-1), neutral (0), un poco caluroso (1), caluroso (2), caliente (3) y se agregan dos puntos extras en climas extremos: muy frío (-4) y muy caliente (4).
	ASHRAE 55 (2010)	¿Cuál es la su sensación térmica general?	Escala simétrica de 7 puntos iguales a la norma ISO 10551.
Confort térmico (evaluación afectiva)	ISO 10551 (2019)	¿Usted cómo encuentra este ambiente?	4 puntos: confortable (0), poco inconfortable (1), inconfortable (2), muy inconfortable (3)
	ASHRAE 55 (2010)	-	-
Preferencia térmica	ISO 10551 (2019)	¿Especifique cómo le gustaría estar en este momento?	7 puntos: mucho más fresco(-3), fresco (-2), ligeramente fresco (-1) ni caluroso ni fresco (0), ligeramente caluroso (1), caluroso (2), mucho más caluroso (3)
	McIntyre (1980)	¿Cómo le gustaría estar?	3 puntos: fresco (-1), sin cambio (0) caluroso (1)
Aceptación personal del ambiente	ISO 10551 (2019)	A nivel personal ¿este ambiente térmico es para mí?	De dos categorías: más aceptable que inaceptable (0) e inaceptable en lugar de aceptable (1) o escala continua: claramente aceptable, apenas aceptable, justo inaceptable y claramente inaceptable
	ASHRAE 55 (2010)	¿Qué tan satisfecho está usted con la temperatura en su espacio?	7 puntos: muy satisfecho (3) y muy insatisfecho (-3) neutro (0) en el medio (la califican de 0 a +3 se consideran aceptables)
Tolerancia personal	ISO 10551 (2019)	¿El ambiente está?	5 puntos: perfectamente tolerable (0), un poco difícil de tolerar (1), bastante difícil de tolerar (2), muy difícil de tolerar (3) e intolerable (4)

Fuente: Elaboración propia con base en Johansson, Thorsson, Emmanuel, Krüger, (2013) y ISO 10551 (2019), ASHRAE 55 (2010), McIntyre (1980).

Tanto la actividad física y la ropa del cuerpo afectan en gran medida la percepción térmica. Varias normas, directrices y manuales incluyen información sobre las tasas metabólicas de las tareas típicas, además de la resistencia térmica de prendas de vestir y ropa. La norma ISO 8996 (2004) especifica métodos para determinar las tasas metabólicas para entornos de trabajo e incluye las tasas metabólicas de un número de diferentes tareas. La norma ISO

9920 (2007) especifica los métodos para estimar las características térmicas para conjuntos de ropa sobre la base de los valores de las prendas conocidas e incluye la influencia de los movimientos del cuerpo, la penetración del aire y la resistencia a la evaporación del sudor.

Además de los anteriores aspectos que se pueden desarrollar en un cuestionario, una serie de estudios han formulado apartados sobre los mecanismos psicológicos implicados en la evaluación del confort térmico en los espacios públicos exteriores (Nikolopoulou y Steemers, 2003; Nikolopoulou y Lykoudis, 2007; Knez et al., 2009), que incluye los conocimientos y experiencia, actitud y expectativas, creencias y preferencias, control de estímulos y la historia térmica de los individuos. Además, se ha demostrado que la cultura (reglas, normas y valores) también influyen en la percepción térmica al aire libre (Knez y Thorsson, 2008).

En los espacios públicos exteriores, los mecanismos psicológicos pueden contribuir a tanto como 50% de la varianza entre la evaluación objetiva y subjetiva de comodidad térmica (Nikolopoulou y Steemers, 2003). Sin embargo, no existe una norma o un manual para dar consejos sobre cómo hacer preguntas con respecto a estos aspectos (Vanos, 2010; Johansson 2013).

2.6.- MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE EVALUACIÓN EN ESTUDIOS DE CONFORT TÉRMICO

El objetivo principal de las investigaciones sobre confort térmico, es determinar de manera eficiente el desarrollo de modelos que puedan predecir valores neutrales de las variables meteorológicas y rangos tolerables de estas en los sujetos. Por eso es necesario conocer y establecer cuáles métodos son representativos y adecuados para el desarrollo de los mismos.

2.6.1.- Regresión lineal (univariados o multivariados)

Éste es un método estadístico utilizado para examinar la tendencia de la respuesta media de sensación térmica sobre los rangos de temperatura encontrados. Se utiliza para explorar y cuantificar la relación existente entre lo que se conoce como variable dependiente respecto a una o varias variables independientes. El resultado gráfico se

traduce en una ecuación lineal que predice el comportamiento de la primera variable (independiente) con respecto a los parámetros utilizados.

En los estudios de confort térmico, el análisis de regresión asume que el eje y (votos de sensación térmica) corresponde a la variable dependiente y el eje x (variable meteorológica) como la independiente, es decir, los parámetros climáticos causan la respuesta en el valor del voto de confort.

Por otro lado, esa explicación no es manifiesta completamente el fenómeno ya que se ha demostrado que las personas cambian sus rangos de confort y temperaturas en respuesta a la sensación térmica, (Nicol et al, 2012). Esto se expone por medio de la relación del calor percibido por los individuos y las variables climáticas de las cuales no se tiene control, por lo que se infiere que estas son las causantes de la ST. Por el contrario, si se cuentan con procedimientos mecánicos para controlar las variables climáticas de ambiente dado, la ST será causal de la temperatura ambiental, (Humphreys et al, 2016, Canul, 2018)

La ecuación derivada de la correlación de la variable dependiente e independientes que sirve para calcular la línea de regresión está dada por:

Para modelos univariados:

$$y = \beta_1 + \beta x$$

Y para modelos multivariados

$$y = \beta_1 + \beta x_1 + \beta x_2 + \beta x_3 + \dots \beta x_n$$

donde:

β_1 = intercepción de la línea de regresión en el eje vertical o constante de regresión

β = gradiente de la línea (coeficiente de regresión-incremento de la variable y por unidad de cambio de la variable x o variables $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$)

y = voto de sensación térmica (temperatura neutral).

En esta forma de análisis, el grado de asociación que existe entre las variables (dependiente e independientes) se mide a través del coeficiente de determinación (r^2), el rango de valores que adopta esta medida de ajuste está entre 0 y 1. Si lo primero sucede, se asume que la (s)

variables(s) independiente(s) no puede predecir el comportamiento de la variable dependiente. Entre más cercano sea el valor del coeficiente de determinación a 1, se concluye que la totalidad de la variación es explicada por la variable independiente. El valor que resulte del coeficiente de determinación establece la calidad del modelo para replicar los resultados.

Otro índice que la relación es el coeficiente de correlación de Pearson (r). Este junto con el anterior, permiten conocer la intensidad de la asociación lineal entre variables. Toma valores en el rango de -1 (asociación negativa) y 1 (asociación positiva), las principales propiedades de este coeficiente son las siguientes (Triola, 2004):

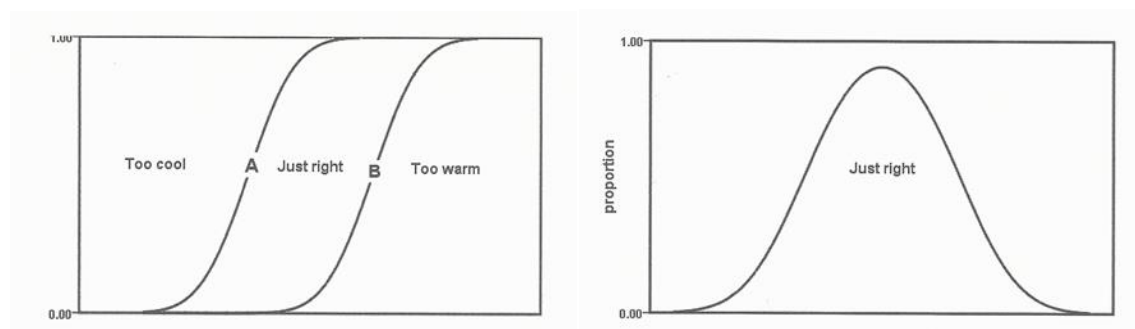
- El valor de r no cambia si todos los valores de cualquier variable se convierten a una escala diferente.
- El signo del coeficiente de correlación es el mismo que el de la covarianza.
- Si la covarianza es positiva, la correlación es directa.
- Si la covarianza es negativa, la correlación es inversa.
- Si la covarianza es nula, no existe correlación.
- El valor de r está comprendido entre -1 y 1 ($-1 \leq r \leq +1$)
- El valor de r no se afecta por la elección de la ubicación de las variables en el eje horizontal o vertical.
- Si r toma valores cercanos a -1 , la correlación es fuerte e inversa, y será tanto más fuerte cuanto más se aproxime r a -1 .
- Si r toma valores cercanos a 1 , la correlación es fuerte y directa, y será tanto más fuerte cuanto más se aproxime r a 1 .
- Si r toma valores cercanos a 0 , la correlación es débil.
- Si $r = +1$ ó -1 , los puntos de la nube están sobre la recta creciente o decreciente.

Existen tres errores comunes al interpretar los resultados de las correlaciones. El primero es la conclusión de que la correlación implica causalidad. Otro error es considerar el promedio de los datos al ser graficados los pares. Los promedios podrían aumentar el coeficiente de correlación. El tercer error implica la propiedad de linealidad. Es posible la existencia de una asociación entre las variables, aun cuando ésta no sea lineal.

2.6.2.- Análisis Probit

El análisis Probit es un método de regresión utilizado para examinar los datos en estudios de campo referentes a confort térmico. Éste consiste en la aplicación de correlaciones estadísticas de tipo binario. Para que esta condición se cumpla, es necesario realizar la separación de los los mismos en grupos (Humphreys et al, 2016).

La aplicación de este método puede ser explicada a través de la ejemplificación que realizan Nicol et al. (2012) donde se utilizan tres categorías de la escala de confort: muy frío, neutral y muy caliente. A medida que la temperatura aumenta, la proporción de votos de las personas que encuentran el ambiente muy frío disminuirán y la proporción que lo encuentre demasiado caliente aumentará. La proporción que responde con un voto en la categoría de neutral al principio se incrementará y, después de haber pasado por un máximo, iniciará un descenso (Figura 16).



Fuente: Canul (2018) en base a Humphreys (2016)
Figura 16.- Gráfica de análisis Probit para confort térmico.

La temperatura que se alcanza en el pico de la curva corresponde a la temperatura neutral, preferida u óptima para la población. La distribución acumulativa de las respuestas al ambiente térmico (curvas A y B) es útil para estimar las variaciones de las respuestas de la población cuando se trata de estudios transversales. Cuando el método se aplica a estudios de tipo longitudinal, las variaciones se analizan en forma individual (Nicol, et al, 2012).

El análisis Probit se ha vuelto obsoleto en el análisis de confort térmico cuando se utiliza una escala de sensación térmica que incluya varias categorías, por el hecho que para obtener las curvas deseadas es preciso la realización de repetidas iteraciones. Otra desventaja que tiene el método, es la restricción en la utilización de una sola variable. Sin embargo, se ha encontrado una equivalencia entre el análisis Probit y el análisis de

regresión lineal que permiten la construcción de distribuciones de confort a partir de las estadísticas de uno u otro análisis (Humphreys et al, 2016).

2.6.3.- Estadísticos para climas asimétricos y muestras dispersas

Griffiths (1990) desarrolló un método para determinar la temperatura de confort media a partir del uso de muestras reducidas de observaciones y con un rango de temperaturas pequeño, por tanto, el método de regresión es poco confiable. Griffiths hizo la suposición de que un incremento en la temperatura de 3 °C corresponde a un aumento de un punto en la escala de confort de siete puntos, de tal forma que la temperatura que puede ser considerada como neutral es resultado de la sustracción de 3 °C para cada voto de confort que se alejó de la condición de confort.

La relación lineal entre el voto de sensación térmica y la temperatura operativa, puede ser calculado con lo que se conoce como el coeficiente de Griffiths (G). El valor de este coeficiente puede ser estimado de estudios de confort y representa el cambio máximo del voto respecto a la temperatura (Nicol et al, 2012). Humphreys sugiere un valor para G de 0,53 °C. La hipótesis de este método es que la temperatura de confort puede ser calculada incluso de un solo voto, asumiendo que el voto de neutralidad podría representar un estimado del valor neutral.

$$(C - C_N) = G(T_{op} - T_{comf}) \quad \text{Ecuación 23}$$

$$T_{comf} = T_{op} - (C - C_N)/G \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

C = voto de confort

C_N = valor numérico del voto de confort

G = coeficiente de regresión de Griffiths

T_{op} = temperatura operativa

T_{comf} = temperatura de confort

Gómez-Azpeitia (2016) propone un método alternativo para determinar la pendiente de regresión a utilizar en el método de cálculo de Griffiths. Conociendo los valores máximos y mínimos de los votos de sensación térmica (VST) y de la temperatura operativa, el valor de

lapendiente resulta del cociente entre el rango de VST y T_{op} . Éstos se obtienen de la sustracción de los valores mínimos a los máximos para cada variable. El recíproco del valor de a ($1/G$), corresponderá al rango de confort térmico.

$$G = \frac{\text{Rango VST}}{\text{Rango } T_{op}} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

C = voto de confort

C_N = valor numérico del voto de confort

G = coeficiente de regresión de Griffiths

T_{op} = temperatura operativa

T_{comf} = temperatura de confort

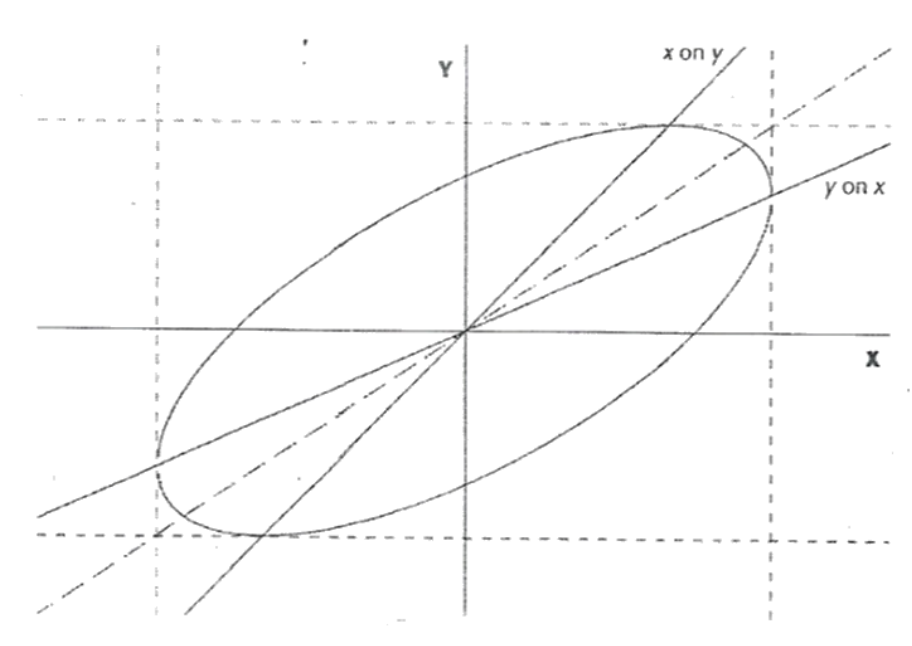
Otro método de análisis de confort térmico para climas asimétricos, es el desarrollado por Gómez-Azpeitia et al, (2007) con base en la propuesta elaborada por Nicol (1993), y apoyándose en la estadística descriptiva para determina un valor neutral de temperatura que se considera equivalente a la temperatura de confort. A tal método lo denominaron Medias de Intervalos de Sensación Térmica (MIST).

En este plantea que la principal diferencia con el procedimiento convencional de regresión lineal, es que antes de obtener dicha línea, es necesario conformar grupos de la muestra para calcular el valor promedio y la desviación estándar (σ o DE) de cada uno de ellos. Con esto, la regresión solamente se hace con los valores medios de la muestra y no con todos los pares de datos. Los rangos de confort térmico se establecen al añadir o sustraer una o más veces la desviación estándar. La adición de una desviación estándar ($\pm 1DE$) corresponde al 68% de las respuestas en una distribución normal. La adición de dos desviaciones ($\pm 2DE$) representa al 95%.

Con este procedimiento, al calcular el valor medio de temperatura de los grupos conformados, no solamente se calcula el valor promedio de las temperaturas de las personas que respondieron sentirse en confort, también se puede obtener ese valor para las personas que responden sentir frío o calor. Los autores sugieren utilizar la mediana y la desviación estándar de la misma, al trabajar con distribuciones donde la asimetría es marcada (Figura 21).

Por otra parte, Humphreys et al. (2016), plantean un procedimiento estadístico que denominan media geométrica, cuyo principal argumento es el intercambio de posición de causalidad entre variables para una misma muestra en los ejes x y y . al asumir que la temperatura causa la sensación térmica, se utiliza la regresión de la sensación térmica en función de la temperatura ambiente. Si es la sensación térmica la variable predictora, entonces la regresión se invierte.

Se plantea una causalidad entre la sensación térmica y la temperatura ambiente, y por tanto una línea de regresión entre las dos primeras podría representar una mejor relación entre las dos variables (Figura 17).



Fuente: Humpherys et al., 2016

Figura 17.- Relación de la línea de la media geométrica y las dos líneas de regresión

La línea de regresión y en función de x , corresponde si la temperatura ambiente causa la sensación térmica. La relación inversa es representada por la línea de regresión de x en función de y . El recuadro punteado representa el número de desviaciones estándar que se aleja el límite de la temperatura ambiente y de la sensación térmica donde se encontrarían las respuestas de las personas. En la figura se plantean dos desviaciones estándar.

La pendiente de la línea de regresión de la media geométrica se obtiene de la relación de las desviaciones estándar de x y y . Otra forma de obtenerla es a partir de la raíz cuadrada del producto del gradiente de las líneas de regresión de y en función de x y de x en función de y . Por lo que el valor de r^2 se obtiene de la división de los valores de las dos líneas de regresión.

Es importante mencionar que los mismos autores previenen en el uso de este procedimiento. Algunas consideraciones para su uso se enlistan a continuación:

- Cuanto mayor sea el valor de r^2 , las líneas de regresión estarán más juntas. Un valor de r^2 de 1, indicaría la coincidencia de las dos líneas.
- El gradiente de la línea de media geométrica es invariable a cambios de escala y su valor no depende del tamaño de la muestra.
- La ubicación de la temperatura neutral no varía por el intercambio de causalidad.
- Si la correlación entre variables es baja, el gradiente se vuelve incierto.
- Para representar el grado de relación de las variables, siempre será necesario calcular el valor de r^2 o los valores de los gradientes de las líneas de regresión.
- La relación de las variables no indica si el gradiente es positivo o negativo; un diagrama de dispersión de datos donde se dibujen las líneas de regresión será de ayuda.

2.6.4.- Método de Sensación térmica diaria (MSTD)

La mayoría de las investigaciones de confort térmico utilizan el análisis de regresión lineal para determinar la relación que existe entre la VST y las variables meteorológicas; al usar en su análisis el total de observaciones durante el estudio o examinan los mismos al hacer una diferenciación entre temporadas de sensación térmica. Sin embargo, en cualquiera de los dos casos, la evaluación por periodos largos (mensuales, anuales) sobreestima la sensibilidad de las personas ante su entorno térmico.

Para evitar tal inconveniente, Humphreys et. al. (2016) propone un método que toma como unidad de análisis la información colectada en un solo día, que reflejaría de mejor manera la sensibilidad al cambio de temperatura diaria que experimentan las personas. El concepto

de sensibilidad es definido por Humphreys (2016), como la variación de la sensación térmica expresada en unidades de escala por cada grado de variación de la temperatura ambiente. El método indica que, para cada día de encuesta, se obtenga el valor medio de la temperatura ambiente y el valor medio de los votos de sensación térmica. Con estos valores por cada día de encuesta, se procede a realizar el análisis de regresión para obtener un valor ponderado del gradiente de regresión. Este método solamente es aplicable a estudios de tipo transversal.

Al aplicar esta metodología a la base de datos de los proyectos SCATs y ASHRAE RP-884, se obtuvo un coeficiente de regresión de $0.37/^{\circ}\text{C}$ y $0.38/^{\circ}\text{C}$ respectivamente para el total de datos recabados. Tales coeficientes son superiores al que se encuentra generalmente en los estudios realizados en cámaras climáticas ($0.33/^{\circ}\text{C}$). Al tomar en consideración la presencia de error en la variable, los valores ajustados de los coeficientes de regresión resultaron en $0.47/^{\circ}\text{C} \pm 0.02$ para el proyecto SCATs.

En los encabezados anteriores se han descrito los métodos más utilizados para el análisis de los estudios de campo sobre confort térmico, así como una nueva propuesta que se basa en el análisis de la sensación térmica en función de la temperatura diaria. Humphreys et al (2016) señalan que el análisis de regresión lineal y Probit se pueden utilizar indistintamente, puesto que, de los resultados de uno, se pueden inferir el del otro. Sin embargo, aclaran que los resultados del análisis de regresión son más fiables.

2.6.5.- Métodos de Intervalos de Sensación Térmica Diaria (MISTD)

Canul (2018) menciona que el Método de Intervalos de Sensación Térmica ofrece una ventaja al no considerar la equidistancia en el valor de rango de confort térmico, y que éste solo ha sido utilizado para el análisis por temporadas climáticas lo que generó una sobreestimación en los coeficientes de determinación; por lo que el aporte de éste fue el realizar la aplicación en el análisis de los datos diario.

El objetivo de su trabajo determinó la unión entre el método MIST, desarrollado por Gómez-Azpeitia (2007) y el de análisis diario desarrollado por Humphreys et. al. (2016), lo cual consistió en examinar las observaciones diarias establecidas en una Metabase de datos

generada por diversos estudios de confort térmico en México, aplicable tanto a espacios interiores como exteriores a partir de estudios de campo con el enfoque adaptativo.

Posteriormente al desarrollo de la metabase de datos, realizó análisis de las observaciones, con el método MIST; la diferencia radicó en que no los hizo por temporada de sensación térmica, si no, de manera diaria y al desarrollar análisis estadísticos de regresiones lineales y polinomiales. Todo lo anterior, le permitió determinar el rango de confort térmico aplicable a espacios interiores sin climatización artificial para los climas de México, relacionándolos con su oscilación térmica exterior.

Los resultados de su investigación derivaron a que los valores del coeficiente de determinación (r^2) que se obtuvieron en una función polinomial entre la correlación del rango de confort térmico (RCT_{med}) y la oscilación de la TBS exterior ($OSC_{Tbs_{ext}}$) es mayor en comparación con los de las funciones lineales, los valores de RCT resultantes tendieron a ser mayores y más alejados de los establecidos en las normas internacionales de mayor aceptación. En contraparte, los RCT de las correlaciones lineales, fueron más acorde con los límites que se establecen en las normas y también con los que algunos investigadores han encontrado en sus investigaciones.

Con todo el trabajo, concluyó, que la correlación lineal entre el RCT_{med} obtenida a partir de las desviaciones estándar y la $OSC_{Tbs_{ext}}$, tiene las mejores condiciones estadísticas para ser considerada la base en el desarrollo de un estándar de confort térmico general para México debido a:

- Tener el valor de r^2 más alto en una función lineal
- Indicar RCT individuales acordes a los indicados en la literatura.
- Los rangos encontrados para diversas ciudades de México están dentro los límites de los estándares ANSI-ASHRAE 55 y EN15251.

Por tanto, planteó un modelo matemático de correlación lineal entre el RC_{med} y la $OSCT_{TBS_{ext}}$, para establecer el Estándar de Rango de Confort Térmica para México y que está dada por la siguiente ecuación:

$$RCT = 0.1015 \text{ Osc TBS}_{\text{ext}} + 2.4078$$

26

Ecuación

Donde:

RCT = Rango de confort térmico

Osc TBS_{ext} = Oscilación de la temperatura de bulbo seco exterior

CAPÍTULO III.- MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se basó en el enfoque de adaptación, lo cual se sustenta en lo expuesto en trabajos sobre confort térmico como los de Bojórquez (2010), Ruíz (2011) que aportaron las estructuras del cuestionario, bases para el método encuesta y trabajo en campo, Nikolopoulou y Lykoudis (2006), Pick up y De Dear (2000) para establecer los aspectos psicofisiológicos como parte fundamental de la sensación térmica, Jendritzky (2012) y Blazejczyk (2014) como precursores de índices de confort universales etc., y además, todo se complementa con la norma ISO 10551 (2019) para la evaluación subjetiva del ambiente térmico; también se recabaron datos de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo gris, humedad relativa y velocidad de viento, de radiación solar, intensidad lumínica y sonido.

En este capítulo se explican los métodos utilizados para el desarrollo del proyecto; se establecen las características principales de la investigación, de las áreas donde se realizarán los trabajos, una definición de las etapas del estudio, análisis de datos y resultados de la investigación (Figura 18).



Fuente: Elaboración propia.
 Figura 18.- Proceso metodológico para desarrollo de investigación.

3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se determinó la selección del enfoque de estudio de la investigación, el proceso del diseño experimental de la misma, elección y justificación de las variables que se analizaron y los instrumentos para las mediciones y recopilación de datos.

3.1.1.- Enfoques de estudio

Para elegir el enfoque de estudio se retomó de las características y objetivos establecidos con antelación; existen dos vertientes diferentes para el realizar investigaciones sobre confort térmico: Enfoque de adaptación (*adaptive approach*¹) y predicción (*predictive approach*²) (Figura 11, tema 2.4).

Por otro lado, se tuvieron características específicas en la investigación, pues se analizaron a los habitantes que realizaban actividades deportivas intensas en espacios públicos exteriores, –se observó al usuario en su hábitat, el cual interactuaba activamente con el entorno –, se recabó información de los factores psicofisiológicos, y se midieron las condiciones meteorológicas en el sitio. Por las peculiaridades anteriores, se seleccionó el enfoque de adaptación, sobre el de predicción.

¹ *adaptive approach* puede ser traducido del inglés, además de enfoque de adaptación, como enfoque adaptativo.

² *predictive approach* puede ser traducido del inglés, además de enfoque de predicción, como enfoque predictivo.

Además, se tomó en cuenta que, en los espacios deportivos no techados por la discrepancia en las condiciones meteorológicas, la conducta interactiva y reactiva (la primera es la manera en que los individuos se relacionan donde desenvuelven sus actividades y la segunda es la forma en que los sujetos reaccionan a los estímulos del ambiente térmico para lograr el confort), la expectativa y la experiencia de las personas, el enfoque de adaptación es el idóneo para realizar este trabajo (Givoni, 1997; Nikolopoulou, 2004).

3.1.2.- Diseño de la investigación

No existen directrices específicas de cómo diseñar la investigación o el estudio de campo; existen diferencias en como seleccionar el sitio o la cantidad de sitios para la recolección de datos, el número requerido de sujetos, las temporadas de sensación térmica, el tiempo requerido al día, la duración mínima para cada encuesta, etc. (Rincón, 2015) por tal motivo se retomó lo estipulado por otros autores para fundamentar las decisiones en este trabajo (Tabla 10).

Tabla 10.- Características para el diseño de investigación.

TEMA	ASHRAE 55	ASHRAE manual	ISO 7726	ISO 7730	ISO 8996	ISO 9920	ISO 10551	VDI 3787
<i>Instrumentos</i>								
Tipo de instrumentos		x	x					
Rango de medición, precisión, tiempo de respuesta			x					
Determinación de la temperatura media radiante		x	x					x
<i>Evaluación del confort térmico</i>								
Índices de confort térmico	x	x		x				x
Requerimientos para el confort térmico	x	x		x				x
Niveles de actividad/tasa metabólica	x	x		x	x			x
Aislamiento por ropa	x	x		x		x		x
<i>Diseño de cuestionario</i>								
Escalas subjetivas	x						x	
Evaluación estadística							x	

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, fue necesario conocer bien las características tanto del enfoque de adaptación y del trabajo para establecer el tipo y diseño de investigación que se ajuste a las necesidades concretas del mismo.

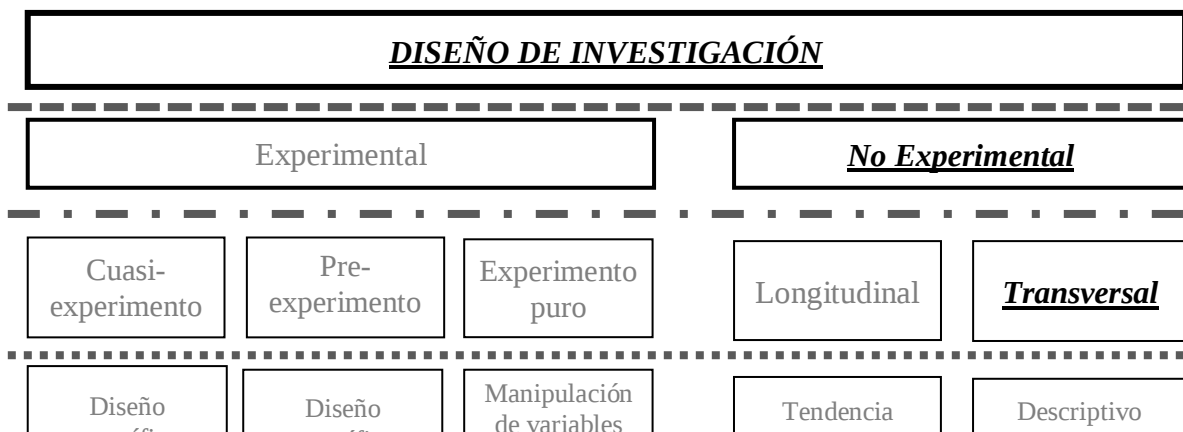
Hay dos vertientes diferentes en cuanto al diseño de la investigación que son: Experimental y no experimental (Hernández *et al.* 2006) (Tabla 11). Los cuales deben responder a criterios, características, objetivos y alcances que se plantearon en el proyecto.

Tabla 11.- Características de los tipos de diseño de investigación.

TIPO DE DISEÑO	CARACTERÍSTICAS
Experimental	Se construye intencionalmente una situación controlada a la que son expuestos varios sujetos de estudio. Esta consiste en aplicar un tratamiento, una condición o un estímulo bajo determinadas características, con el fin de analizar sus efectos en los individuos. La razón de un experimento es <i>reproducir</i> una realidad de forma controlada
No experimental o <i>expost-facto</i>	Tipo de investigación que no es posible manipular las variables; se basa en la interpretación de los fenómenos como se muestran en su entorno o contexto real. A su vez, en este tipo de investigación no se puede construir una situación determinada; con lo que se observan y analizan los hechos o situaciones que ocurren por sí mismos.

Fuente: Elaboración propia

Además, al tomar en cuenta que la evaluación del confort térmico debe estar en base a correlaciones entre las variables independientes (aspectos climáticos) y dependientes (percepción térmica), lo que marca una tendencia a un diseño ***no experimental***. En consecuencia, la concepción del diseño de la investigación como característica principal es que debe de ser practica y concreta por lo que se plantea además de establecer si debe de ser transversal o longitudinal (Figura 19).



Fuente: Elaboración propia
 Figura 19.- Diseño de la investigación

Según Hernandez et.al. (2003) y Bojórquez (2010) es necesario saber las diferencias entre los estudios que conforman el diseño no experimental (longitudinal y transversal), y compararlas con las características, objetivos y alcances de nuestra investigación (Figura 20).

Estudio Longitudinal	El tiempo de estudio es continuo, con pocas observaciones.	Son periodos cortos de tiempo, se recomienda varias observaciones para mayor representatividad de los resultados.,	Estudio Transversal
	Los sujetos de estudio deben de conocer los objetivos del estudio y estar capacitada para responder las encuestas	Los sujetos deben estar informados de la finalidad del estudio para que evalúen los estímulos a analizar. Se les debe de aplicar el cuestionario por personal capacitado.	
	El cuestionario debe ser sencillo, claro y relativamente corto, por si lo contestan directamente la población blanco	El cuestionario no debe ser extenso, y deberá estar en un lenguaje propio del lugar donde se aplicara.	
	La instrumentación preferentemente de uso sencillo, que puedan ser operados por los sujetos de estudio	La instrumentación preferentemente de uso sencillo, que puedan ser operados por los sujetos de estudio	
	Ventaja: se pueden observar las variaciones en el tiempo del efecto del estímulo sobre el mismo sujeto y una misma población.	Ventaja: se puede entender la correlación de causa efecto de las variables estudiadas sobre la población	
	Desventaja: se presentan sesgos, por la repetición del cuestionario, donde los sujetos pueden dar respuestas mecánicas.	Desventajas: se presentan sesgos, si el encuestador no sabe explicarse y no trata bien al sujeto de estudio. Además de posibles sesgos por errores humanos del encuestador.	

Fuente: Elaboración propia, en base a Hernández et al. (2003) y Bojórquez (2010)
 Figura 20.- Diferencia entre los tipos de estudios.

En consecuencia, se estableció la línea de investigación, para lo cual se analizaron los requerimientos con respecto a su aplicación en una población blanco a examinar. Con base en esta comparación y en la caracterización de la misma, así como la necesidad de conocer el efecto de la sensación térmica percibida por temporada climática (fría, cálida, y de transición frío a calor y de calor a frío), se determinó elegir el tipo transversal, con aplicaciones en un lapso de un año.

Por lo tanto, la particularidad de la investigación es que se tomó en cuenta lo estipulado por el enfoque de adaptación para estudios de confort térmico, con características de un diseño no experimental y un estudio de campo del tipo transversal para poder correlacionar el efecto de las variables climáticas sobre la sensación térmica percibida.

3.2.- CALCULO DE PERIODOS DE ANÁLISIS Y MUESTRA

Se realizó una determinación del tipo de población, actividades que realiza, características de los espacios urbanos y estipulación de los periodos de encuesta etc., para tener información de las condiciones generales y determinación de los periodos de trabajo en campo.

3.2.1. Temporadas de sensación térmica

Para establecer las temporadas de sensación térmica, se apoyó en la metodología implementada por Bojórquez (2010); ésta consiste en realizar un análisis de termopreferendum o temperatura neutral para la ciudad de Mexicali; se seleccionó un modelo de confort para el establecimiento de una temperatura neutral preliminar, el cual tenía que cumplir con criterios como: similitud en cuanto al clima, que fuera para espacios exteriores, y que fuese desarrollado por el enfoque de adaptación.

A continuación, para establecer las temporadas de estudio se seleccionó el modelo de Nicol (1993) (Ecuación 27) desarrollado para Pakistán y retomado por Bojórquez (2010) que fue realizado para un clima similar al de la ciudad de Mexicali, el cual se caracteriza por la aplicación de observaciones en cinco ciudades diferentes (7000 encuestas), a lo largo de un periodo de tiempo determinado (un año).

$$T_n = 18,5 + (0,36T_{mpa})$$

Ecuación 27

Donde:

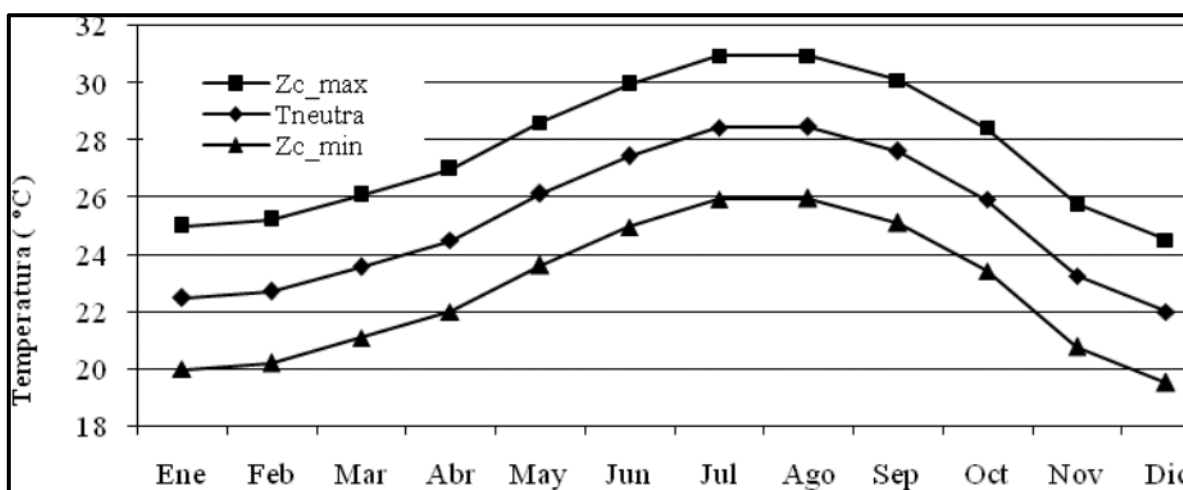
T_n = temperatura neutral

T_{mpa} = Temperatura mensual promedio

Además, se tomaron en cuenta rangos de confort térmico donde la magnitud de la variable aun es tolerable para los sujetos; Nicol (1999), menciona los rangos de ± 2 °C como aceptable para variaciones de 24 horas, al ampliarse hasta ± 5 °C en periodos de tiempo mayores a una semana. Mientras otros autores como Auliciems y Szokolay (1997) proponen rangos entre $\pm 1,75$ °C a ± 2 °C para periodos mensuales o anuales, por el contrario, Olgyay (1963) propone una variación de $\pm 3,2$ °C para periodos de tiempo largos.

Se seleccionó los rangos de Auliciems y Szokolay (1997) de ± 2 °C, porque se utilizaron las temperaturas promedio mensuales; con esto y la fórmula de Nicol (1999) se estimó el termopreferendum preliminar para espacios públicos exteriores en Mexicali.

Posterior a esto, se realizó la evaluación de temperatura neutral o valor neutro mensual para establecer los límites de confort térmico para cada mes. Se apreció una oscilación de temperaturas entre los meses fríos entre 22,0 °C y 24,5 °C, con un límite de confort térmico entre 20,0 °C a 25,0 °C, y los cálidos que va de 26,0 °C a 28,5 °C con límites entre 26,0 °C a 31°C; con una temperatura promedio anual de 25,0 °C (Figura 21).



Fuente: Bojórquez (2010)

Figura 21.- Termopreferendum para el confort de Mexicali.

Al analizar los datos meteorológicos se establecieron temporadas de estudio por sensación térmica en base a los comportamientos climáticos, se identificaron cuatro con características similares entre los meses que los componen (Tabla 12).

Con base en lo anterior, y con la intención establecer lo mejor posible la sensación térmica percibida conforme a las condiciones de clima y en función del análisis se establecieron cuatro temporadas de estudio: 1) Cálida (julio-agosto), 2) fría (enero), 3 y 4) Transición (octubre-noviembre y marzo-abril).

Tabla 12.- Comparativo de sensación térmica anual para Mexicali.

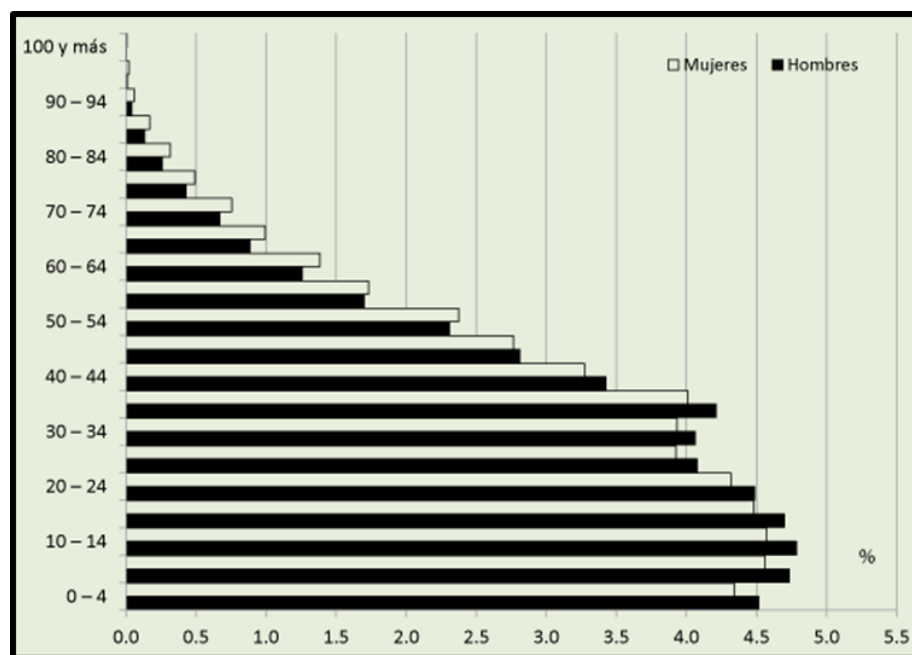
Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	FRÍO		TRANSICIÓN		CÁLIDO				TRANSICIÓN			
T. mín.	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Confort	Confort	Frío	Frío	Frío	Frío
T. prom.	Frío	Frío	Frío	Confort	Confort	Cálido	Cálido	Cálido	Confort	Confort	Frío	Frío
T. máx.	Confort	Confort	Confort	Confort	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido	Confort	Confort

Nota: T. max: Temperatura máxima, T. mín: Temperatura mínima, T. prom: Temperatura promedio.

Fuente: Elaboración propia (2014), en base a Luna (2008) y Sistema Meteorológico Nacional (2012).

3.1.2.- Características de la población.

Posteriormente, se realizó una caracterización general de la población del municipio de Mexicali; se utilizaron las bases de datos del Instituto de Estadística Geografía e Información (INEGI), de la cual se obtuvieron: total de la población, que, según el censo de población y vivienda en 2010, alcanzaba los 936 826 habitantes, de los cuales 473 203 (50,51%) eran población masculina, y 463 623 (49,49%) era femenina (Figura 22). Con una relación entre hombres-mujeres de 102,07 hombres por cada 100 mujeres.



Fuente: INEGI, (2010)

Figura 22.- Estructuración de la población de la ciudad de Mexicali.

También se observó que la edad media poblacional masculina es de 26 años, igual a la estatal y similar a la nacional que es de 25 años. Mientras que la media femenina nacional y estatal es de 26 años y en el municipio de Mexicali de 27 años. El rango de edad con mayor porcentaje poblacional en el municipio es el de 10-14 años con 9,36% (Figura 22 y Tabla 13).

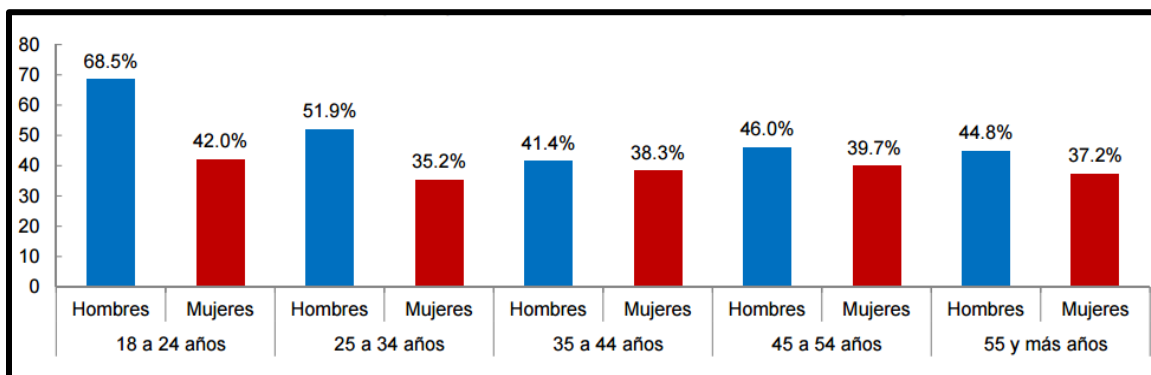
Tabla 13 Estructura de edad de la población de Mexicali.

Grupo-edad	0-4	5	6-11	12-14	15-17	18-19	20-24	25-59	60-64	65+
Porcentaje %	10,2	7,5	11,9	5,4	5,3	3,7	9,3	40,5	2,1	4,1

Fuente: Elaboración propia, en base a IMIP, 2012.

El INEGI, recabó información sobre la población que realizan deportes o actividades físicas mediante el Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico (MOPRADEF); éste proporciona información sobre temas de la activación física en el tiempo libre de los habitantes de ciudades. Entró en servicios en noviembre de 2013, y el último censo se realizó noviembre de 2015.

La información se dividió en dos categorías, población mayor de 18 años inactiva y activa; dentro del primer grupo mencionado, se tiene aquellas que alguna vez hicieron actividad física y las que nunca han ejecutado actividades o deportes; mientras que la segunda



categoría de personas que se ejercitan se dividió en tres grupos, aquellos que desarrollan un nivel suficiente, insuficiente y no declarado de entrenamiento.

Dentro de esta población, según datos del Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico (MOPRADEF) el 56% de los mexicanos de 18 años y más en áreas urbanas es inactiva físicamente, de la cual 58,2% son mujeres y 41,8% hombres; por otra parte, del 44% de la población que se ejercita, 54,2% son hombres y 45,8% son mujeres (Figura 23) (INEGI, 2015).

Fuente: MOPRADEF, (2015)

Figura 23.- Datos de población que realiza actividades deportivas en espacios exteriores a nivel nacional.

Con lo anterior, se seleccionó una población desde los 18 hasta los 65 años para objeto de estudio y desarrollo de muestra, lo cual cumple con lo estipulado con la norma ISO 10551-2019 donde se establece que los rangos de edades en estudios de confort deben de ser entre los 12 a 65 años.

Además, la elección de la población también respondió a lo indicado por Fanger (1972) que establece, que la selección de un estrato dentro de una sociedad no involucra que los resultados que se obtengan de la evaluación del confort sean representativos de todo el sector de la población, pero es una aproximación a la comprensión del fenómeno que se quiera estudiar en ella.

3.2.3.- Diseño de muestra

Por otro lado, para determinar el tamaño de la muestra a la cual se le aplicaría el estudio se hicieron una serie de cálculos donde se tomó al total de la población de la ciudad de Mexicali que realiza actividades deportivas, y se fijó las observaciones a recolectar por temporada de sensación térmica.

La población seleccionada fueron aquellos habitantes que según los datos del INEGI realizan actividades deportivas en espacios públicos exteriores; la población va de un rango entre 18 a 65 años, como lo especifica la norma ISO 10551 (2019).

Para el cálculo de la muestra, se tomó en consideración que esta proviene de un universo finito, puesto que se sabe el total de la población (ver subtema 3.1.2); el número a estudiar fue de 229 185 personas (44%) que realizan actividades deportivas en Mexicali.

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q} \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

N = Total de la población

Z α = parámetro relativo al nivel de confiabilidad.

p = Estimación de la proporción esperada.

q = 1 – p

d = precisión o rango de error en la estimación esperada.

Así pues, el resultado que se obtuvo al sustituir los valores por los factores que conforman la formula, es el total de personas necesarias a encuestar por cada temporada de sensación térmica establecido para el muestreo aleatorio simple. (Ecuación 29).

Las consideraciones específicas al momento de calcular la muestra fueron: un nivel de confianza estimado para la investigación de 90%, el cual se propuso dada la limitante primordial de la investigación (encuestar a sujetos en 5 minutos y no más de los 7 minutos posteriores al culmino de sus actividades) y tener un margen en cuanto a la disposición y accesibilidad de las personas para contestar el cuestionario y lograr el máximo de observaciones.

En otro caso, como no se tiene ninguna información sobre el porcentaje de personas que quisieran realizar la encuesta, se tuvo una incertidumbre de la proporción de la población a utilizar por lo que se toma como regla general, p=50%.

Así mismo, se seleccionó una precisión de 5%; éste corresponde el margen de error o el intervalo en el cual se espera encontrar el dato requerido de la población; o dicho en otras palabras es un rango de error sobre la estimación esperada de la población (calculo mismo de la muestra) resultado de la elaboración de una encuesta y que no se encuentra relacionado al grado de confianza α .

$$n = \frac{229185 * 1,645^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 * (229185 - 1) + 1,645^2 * 0,5 * 0,5} = 270.28$$

Ecuación 29

N = 229185 individuos

$Z\alpha = 1.645$, a 90% de confiabilidad.

p = .5 (50 %) por ser un parámetro a evaluar desconocido.

q = 1-0.5= 0.5

d = 0.05 (5%), esto no está relacionado con el grado de confianza α .

Con lo anterior, el total de observaciones necesarias por temporada de trabajo para obtener los resultados adecuados es $270,28 \approx 271$, a las cuales se les añadió un 10 % más, con lo cual se proporciona un margen mayor al momento de descartar encuestas en el proceso de análisis de las mismas, con lo que se tiene un total de 300 aplicaciones. De modo que, se pretendía recabar 1200 observaciones durante todo el año.

3.1.3.- Casos de aplicación

Para poder seleccionar el espacio deportivo fue necesario establecer la relación de éste y los usuarios que realizan las actividades deportivas en ellos. En la investigación desarrollada por Bojórquez (2010), se hicieron fichas para clasificación, las cuales contaban con las características deseables para la investigación; esto se retomó para el presente trabajo a manera de criterios estipulados en estudios similares, y se complementó con las tablas de ponderación con las herramientas para el análisis del espacio público de Bentley (1984) y el ONU-HABITAT (2012) (Urias, 2015), (Anexo C).

De modo que, se conformaron seis grupos de información (Tabla 14), con contenidos y objetivo de los datos recabados, los cuales van desde información general y levantamiento fotográfico.

Tabla 14.- Grupo de criterios para el análisis preliminar para la selección de sitio.

GRUPO	OBJETIVO PRINCIPAL DE GRUPO DE ESTUDIO
<i>Información General</i>	El objetivo de este grupo de información fue tener una serie de datos que identifiquen y muestren las características principales del caso analizado
<i>Uso</i>	Esta información servirá como referencia para conocer el número de usuarios y periodos de uso
<i>Espacios</i>	Permitió establecer la capacidad de servicio del espacio recreativo y el estado de las instalaciones (al momento de realizar el inventario) lo que puede influir en la densidad de uso.
<i>Actividades</i>	Permitió identificar las actividades y su nivel de intensidad, la frecuencia de las mismas y los grupos de edades a nivel general que las desarrollaban.
<i>Usuarios</i>	Establecer características propias del usuario como: posibles periodos de uso, niveles de intensidad por actividad, y un estimado de la muestra a estudiar.

Fuente: Elaboración propia.

En base a lo anterior, se desarrollaron criterios de selección y se obtuvieron fichas de identificación de los lugares con potencial para realizar los trabajos de campo; posteriormente se comenzó el análisis urbano para establecer una elección del área que estuviera sustentada en algún método de ponderación numérico y que no fuera aleatoria o ambigua.

Por lo tanto, se estipularon las herramientas para el análisis del espacio público exterior (Tabla 15), con la finalidad de describir las características que se deben tomar en cuenta al momento de seleccionar un espacio idóneo para la aplicación de encuestas.

Tabla 15.- Parámetros para el análisis de espacios públicos*

	HERRAMIENTA	GRUPO	CARACTERÍSTICAS
P	Permeabilidad	Funcional	-Número de alternativas para llegar, acceder o circular por un espacio. -Lugares a donde la gente puede o no acceder en un espacio público. -Ligado con privacidad de los espacios públicos y privados. -Debe ser considerado desde el inicio del proyecto o diseño.
V	Variedad	Funcional	-Otorgar a los espacios y dotarlos de variedad de usos, pues ésta es la que da razón de ser a los espacios. -Se busca la utilización y maximización de la actividad e intensidad del uso de los espacios públicos. -Va en función a una diversidad de usuarios que pueden ser atraídos por diferentes actividades y usos de un espacio público.
L	Legibilidad	Espacial	-Cómo los habitantes de la ciudad entienden la estructuración del espacio público, tanto formal, actividad y uso del mismo. -Una estructura física legible, genera la realización de un mapa mental claro, para que este pueda tener una fácil orientación. -Conlleva a tener sendas, hitos, bordes, barrios y nodos definidos para crear una buena estructura urbana (Lynch,
R	Versatilidad**	Detalle	-Dotar al espacio de medios para que en este se puedan realizar un sin número de actividades sin modificarlo de manera substancial. -Se centra en la flexibilidad de usos del espacio. -No dota de especialización a los espacios, ya que esto puede que genere un desuso de los mismos.

VA	Visual apropiada	Detalle	-Se relaciona con el significado que los habitantes dan al espacio, lo que le permite generar expectativas del uso y apropiación del mismo. -Condicionado por la cultura y por la familiaridad del entorno en el que se desarrolla el habitante. -Apoya directamente a variedad, legibilidad y robustez, además de ir ligada más al habitante que al mismo diseñador.
RI	Riqueza	Detalle	-Alternativa de proveer variedad de experiencias sensoriales. -Diseñar enfocado no solamente para crear experiencias visuales, sino también de crear experiencias no visuales en el mismo. -Búsqueda de detalles constructivos, materiales y vegetación que permitan promover experiencias sensoriales en los usuarios.
PE	Personalización	Detalle	-Permitir a los habitantes que impriman su propia estampa en los diseños, a fin de que ellos puedan mejorar o no la imagen de un lugar. -Trata de la apropiación de los habitantes sobre los espacios públicos y la manera en que estos los usarán para la realización de las actividades en la forma que ellos les parezca favorable.

*Nota: estas herramientas también pueden ser utilizadas para análisis de espacios interiores, pero en este caso solo se aplicarán para el espacio público exterior. **Nota: la palabra utilizada por Bentley es robustness que traducida textualmente sería robustez, pero cambiada aquí para un mejor entendimiento.

Fuente: Elaboración propia, en base a Bentley (1984).

Con la finalidad de realizar la ponderación, la cual se requirió para seleccionar con una base cuantitativa y objetiva el caso de aplicación apropiado, se creó método en base a una escala numérica conformado por dos partes; la primera, con las herramientas de Bentley (1984) con un desglose de indicadores específicos que se desarrollaron para cada una de los siete parámetros para el análisis urbano (Anexo C).

La segunda, con otros requerimientos en el estudio de los espacios urbanos los cuales fueron: actividades que se realizan en el lugar, ocupación horaria del área, que tenga diversas características para realización de diferentes actividades y que esté en un lugar estratégico dentro del contexto urbano, las cuales fueron retomadas del documento ONU-HABITAT (Anexo C).

Así pues, con estos indicadores, se realizó una evaluación puntual y objetiva para selección del sitio con las tablas de valoración en base la calificación y sumatoria entre las herramientas de Bentley (1984) y los criterios particulares de selección.

Los casos estudiados mediante este método fueron: 1) Centro de Desarrollo Integral Centenario, 2) Ciudad deportiva Municipal, 3) Unidad Deportiva de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y 4) Centro Recreativo Juventud 2000 (Tabla 16).

Tabla 16.- Análisis descriptivo de los sitios propuestos para realización de caso de aplicación.

LUGAR	PERMEABILIDAD (P)	VARIEDAD (V)	LEGIBILIDAD (L)	VERSATILIDAD (R)	VISUAL APROPIADA (VA)	RIQUEZA (RI)	PERSONALIZACIÓN (PE)
1. Centro de Desarrollo Humano Integral Centenario	-Acceso definido solamente por la vialidad principal Lázaro Cárdenas. -Problemas de congestionamiento vial en algunas horas del día. -Acceso directo desde vialidad principal. -Peatonalmente se puede llegar en rutas de transporte público, amplios recorridos para acceder al lugar. Bordes que impiden accesos peatonales libres.	-Existen áreas comerciales, pero por ser una zona de tránsito no son muy frecuentadas. -Existen industrias cerca de este lugar. -No hay actividad que fortalezca la actividad de este.	-El centro, cuenta con un espacio confinado y segregado de la actividad pública, lo que hace difícil reconocimiento a primera vista. -No es un punto de referencia fuerte para la población. -Tiene Bordes físicos, al generar una mega manzana. -Caminamientos internos desordenados.	-Es un parque de polifunción. -El espacio puede ser flexible en el interior para realización de eventos. -No cuenta con la protección climática necesaria para generar ambientes térmicos confortables en periodos cálidos y fríos.	-Para los habitantes, este tiene un uso exclusivo para recreación y esparcimiento, lo cual se refleja en la manera en que este es utilizado por los mismos. -En general sigue la tipología de parques recreativos de la región, como el juventud 2000 y todos los CDHI.	-No ofrece gran variedad de sensaciones, tanto visuales, como cinestésicas y olfativas. -Homogeneidad y monotonía en materiales y formas. -La vegetación escasa, no mejora el ambiente térmico.	-Los usuarios tienen la posibilidad de usar el espacio como quieran, apropiarse y realizar las actividades como les plazca siempre y cuando no dañen ni deterioren las instalaciones de la unidad.
2. Ciudad deportiva	-Accesible desde vialidades principales de la ciudad como calzada Cuauhtémoc. -Se encuentra en parte posterior de estadio de beisbol y el auditorio del estado, lo que le quita visibilidad, pero cuenta con múltiples entradas. -Se accede a él por calle principal y secundaria. -Rutas de camiones, y trayectos cortos para acceder desde las avenidas principales Bordes físicos que impiden acceso peatonal libre.	-Existen a su alrededor actividades de comercio, servicios y equipamiento, además de zonas habitacionales. -Se refuerza la actividad con el estadio de beisbol y el auditorio del estado -Se puede implementar actividades diversas. -Se implementan actividades parciales como exposiciones y convenciones.	-Se encuentra bordeado físicamente, pero no impide un acceso libre a él. -Es un punto importante dentro de la población, por la diversidad de actividades y la existencia de elementos que refuercen la actividad. -Espacios definidos por vegetación, falta de reforzamiento de ciertas áreas.	-Espacio flexible para cambio de usos y actividades en sus áreas. -diseño adecuado de áreas y circulaciones lo que permite un desarrollo óptimo de las actividades. -Materiales que permiten esta flexibilidad en el espacio. -La vegetación propicia una mejora en el ambiente térmico.	-El borde físico delimita este del resto de áreas urbanas, además de diferenciarse bien de un parque normal u otras áreas deportivas. -La sociedad lo asocia con un área de actividades deportivas y esparcimiento.	-Monotonía en las formas, solo el acceso a este es llamativo. -La vegetación genera cierta variedad y confort, pero no es suficiente para obtener los resultados de generar diversas sensaciones y mejorar el ambiente térmico del lugar. -Tiene una diversidad de recorridos internos, lo que compensa los accesos monótonos.	-No ofrece un grado de apropiación del espacio, pues no se realizan actividades frecuentes en este.
3. Unidad Deportiva UABC	-Accesible desde tres vialidades importantes, calle Río Cocospero, Av. López Rayón y calle Av. José Antonio Torres. -Accesos definidos en las dos avenidas y acceso principal por estacionamiento. -Rutas de camiones para llegar al lugar. -Acceso peatonal restringidos por bordes físicos, pero no impide el libre acceso.	-Se encuentra en una zona donde la mayoría de los usos son habitacional, existe equipamiento como la Universidad a un costado del mismo, algunos comercios en menor grado, reforzando la actividad en el lugar. -Coexisten dentro de este una gran cantidad de actividades de recreación, educativas y de esparcimiento y deportiva.	-Está rodeado de borde físico delimitando el área, y genera una manzana sobredimensionada. -Punto icónico dentro de la ciudad, por actividades de esparcimiento y recreación que en él se encuentran -Espacios interiores confinados al generar dentro de sí diversas áreas.	-No hay flexibilidad de los espacios para adaptarse a diversas actividades, por ser áreas especializadas. -Materiales y vegetación como elementos delimitantes de áreas de actividad dentro del mismo. -Existe una notable mejora del ambiente térmico, por la utilización de materiales térmicos, así como manejo de vegetación en toda su extensión.	-La cantidad de vegetación y elementos naturales dotan de un significado e importancia preponderante y un apego importante en los habitantes. -Los materiales y las áreas generan identidad de los espacios y áreas.	-Cuenta con un número significativo de elementos que generan sensaciones placenteras en los usuarios, como la vegetación, tipos de materiales, diversidad de formas y recorridos, que crean una estancia agradable en el lugar.	- No ofrece un grado de apropiación de los espacios por contar con áreas especializadas.
4. Parque Juventud 2000	-Accede a este por medio de la Blvd. Anáhuac y Czada. Laguna de Xochimilco. -Existen algunos inconvenientes de acceso a estacionamiento por parte de Czada. Anáhuac, por afluencia vial. -Rutas de camiones pasan por el lugar. -Acceso peatonal libre es impedido por bordes físicos.	-Se encuentran a los alrededores usos comerciales, puesto que existen varias plazas comerciales y comercios menores a los alrededores. -En el interior se pueden realizar varias actividades recreativas y esparcimiento.	-Cuenta con borde físico que crea un espacio contenido dentro de este. -Es un punto de referencia importante dentro de la ciudad. -Espacios internos definidos, con recorridos internos que generan diferentes configuraciones espaciales.	-Espacios especializados, no dan flexibilidad para cambio de uso. -Elementos o puestos para realización de actividades, esto solo en algunos puntos. -En algunas áreas es posible generar varias actividades deportivas.	-Conserva los elementos representativos de un parque, vegetación y andadores. -Es un poco monótono en las formas de las edificaciones, rompe con la monotonía de estas con el acceso.	-Cuenta con vegetación, materiales y colores, lo que puede generar diferentes percepciones del mismo ambiente.	-Al igual que los demás, cuenta con una flexibilidad para que los usuarios utilicen el espacio de la manera apropiada para realizar sus actividades, siempre que estos no dañen las instalaciones del mismo.

Por lo tanto, con base en el análisis realizado con los parámetros de Bentley (1984) y los criterios particulares de selección, se valoraron los sitios tentativos para la aplicación de la encuesta. La Tabla 17 muestra el resultado “A” para los primeros criterios.

Tabla 17.- Resultados de la ponderación para la selección de sitio parámetros de Bentley.

LUGAR	PARÁMETROS PARA ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESPACIO PÚBLICO.							
	P	V	L	R	VA	RI	PE	TOTAL
1. Centro de Desarrollo Humano Integral Centenario	5/9	4/8	4/7	6/11	3/6	3/7	3/6	28/54
2. Ciudad deportiva	6/9	5/8	6/7	9/11	5/6	5/7	4/6	40/54
3. Unidad Deportiva UABC	8/9	7/8	6/7	9/11	5/6	5/7	4/6	44/54
4. Parque Juventud 2000	6/9	5/8	5/7	7/11	4/6	4/7	3/6	34/54

Fuente: Elaboración propia

Al considerar las valoraciones obtenidas, fue necesario reevaluar los sitios a partir de los criterios particulares de selección propuestos, (Tabla 18, resultado “B”), los criterios analizados en esta parte son:

- I. Cantidad de actividad e intensidad de la misma (CI).
- II. Horas de uso del sitio (HU).
- III. Que sea un punto estratégico para el desarrollo de la ciudad y el uso común y equitativo para todos los habitantes de la misma (E) (ONU-HÁBITAT, 2007).

Tabla 18.- Resultado de ponderación para la selección de sitio de criterios particulares.

LUGAR	CRITERIOS PARTICULARES DE SELECCIÓN.			
	CI	HU	E	Total
1. Centro de Desarrollo Humano Integral Centenario	2/4	3/4	2/6	7/14
2. Ciudad deportiva	3/4	3/4	5/6	11/14
3. Unidad Deportiva UABC	3/4	3/4	5/6	11/14
4. Parque Juventud 2000	2/4	3/4	3/6	8/14

Fuente: Elaboración propia

Los resultados numéricos que se obtuvieron de las ponderaciones de los parámetros desarrollados fueron punto de partida para realizar elección del lugar óptimo para llevar a cabo el trabajo de campo, eligiendo aquel que tuviera el valor máximo de calificación en conjunto “A+B” (resultado “A”, más resultado “B”) (Tabla 19).

Tabla 19.- resultados de la ponderación con los parámetros particulares y los de Bentley

LUGAR	PARÁMETROS BENTLEY	CRITERIOS PARTICULARES	Total de puntos
1. Centro de Desarrollo Humano Integral Centenario	28/54	7/14	35/68
2. Ciudad deportiva	40/54	11/14	51/68
3. Unidad Deportiva UABC	44/54	11/14	55/68
4. Parque Juventud 2000	34/54	8/14	42/68

Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar dos sitios potenciales para la aplicación de las encuestas: la Ciudad Deportiva y la Unidad Deportiva de UABC, con 51/68 y 55/68 respectivamente; cualquiera cumple con las expectativas para el trabajo en campo; así que, por cuestiones de practicidad, se utilizó principalmente la Unidad Deportiva de la UABC para la aplicación de las encuestas, mientras que la Ciudad Deportiva se usó esporádicamente para recolectar datos en torneos esporádicos.

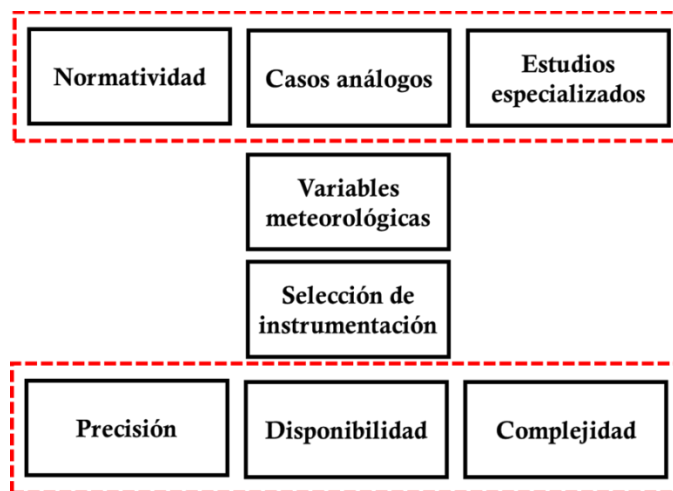
3.3.- INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A continuación, se determinaron las acciones para seleccionar las variables meteorológicas, fisiológicas, instrumentos y equipos de medición necesarios para llevar a cabo la investigación. Para esto, se tomaron en cuenta las normas ISO 7730, 7726, 10551, 8996, 9886 y 9920 y otras características fundamentadas en estudios similares; además se establece el diseño del cuestionario, consideraciones y estructura del mismo, método de trabajo en campo etc.

3.3.1.- Variables e instrumentación meteorológica.

Para seleccionar las variables meteorológicas en el estudio, se tomaron en cuenta las que afectaban directamente a la sensación térmica percibida; además se examinaron casos análogos como los trabajos de Bojórquez (2010), Gómez-Azpeitia (2007), Marques Marques-Monteiro (2008), Zhaoa, Zhoua, Li, He y Chen (2016), y las normas sobre confort térmico ISO 7730, ISO 7726 e ISO 10551.

Al mismo tiempo, para la selección de los equipos de medición meteorológica se consideraron tres aspectos importantes: precisión y rangos de los mismos, disponibilidad y accesibilidad, y complejidad de operación (Figura 24).



Fuente: elaboración propia.

Figura 24.- Consideraciones para selección de variables e instrumentación.

3.3.1.1 Selección de variables meteorológicas

Se revisaron los proyectos RUROS, RP 884 de ASHRAE, y las normas de confort térmico en interiores ISO 7730, ISO 7726 y ANSI/ASHRAE 55:2004 además de los trabajos de Nikolopoulou y Likundis (2006), PickUp y de Dear (2000), Potter y de Dear (2000), Bojórquez (2010), Marques Marques-Monteiro (2008) entre otros para tener una base de fundamentación para el desarrollo de los criterios de selección para las variables meteorológicas a utilizar.

En la revisión bibliográfica se encontró que las variables meteorológicas que intervenían en mayor medida en estudios de este tipo eran: Temperatura de Bulbo Beco (TBS), Humedad Relativa (HR), Velocidad de Viento (VV) y Radiación solar (RS); Además, de las anteriores, se tomó la temperatura de globo gris (TGG); con respecto a esta última, la propuesta inicial era medirla con el sensor de globo negro, pero la vestimenta de los sujetos que realizan deportes no es completamente oscura o no visten totalmente de negro, se consideró el uso del globo gris, como una tonalidad media del arropamiento, lo anterior fue sugerido por Humpreys (Nikolopoulou y Likoudis, 2006) y las investigaciones de Bojórquez (2010).

Por otro lado, se introdujo en el estudio la medición de la intensidad de la luz (Luxes) y la potencia del sonido (dB); Esto con la finalidad de establecer aspectos de luminosidad y los niveles de ruidos en las áreas abiertas y como pudieran afectar en la sensación térmica percibida; Nikolopoulou et al (2004), en sus trabajos, menciona que además de las variables meteorológicas que comúnmente se utilizan, intervienen otras como la calidad de iluminación y los sonidos en los espacios públicos exteriores, lo cual, en conjunto con el ambiente térmico es una característica de la calidad y habitabilidad de éstos.

Al mismo tiempo, se tomaron los valores de Temperatura de Bulbo Húmedo y Temperatura de Globo, (WBGT), con una corrección para poder ser utilizada en exteriores como base para determinar el estrés térmico en las personas, (ver tema 1.7.4 Estado de la cuestión, autores líderes); el utilizarlo como medida comparativa es adecuado, puesto que tiene dos variantes: dentro y fuera de edificaciones sin irradiación solar y fuera de edificios en presencia de irradiación solar.

Otro valor que intervino en el estudio fue la temperatura radiante media, la cual es un valor ambiental calculado que tiene en cuenta el calor emitido por radiación de los elementos del entorno. Según Jendritzky, (2012) y Blazejczyk (2014), ésta es un factor que se debe de tomar en cuenta al evaluar la percepción térmica de los usuarios; pero no se obtiene directamente de una medición ambiental, si no mediante cálculos y procedimientos que involucran a la TGG, VV y TBS (ver subtema 3.3.1.2).

Por lo todo lo anterior, las variables ambientales seleccionadas para la investigación son las siguientes: Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Humedad Relativa (HR), Velocidad de Viento (VV), Temperatura de Globo Gris (TGG), Radiación Solar (RS), intensidad de la iluminación (lux), potencia de los sonidos (dB), y Temperatura Radiante Media (TrM).

3.3.1.2.- Cálculo de temperatura radiante media (TrM)

En base a otros estudios revisados, como los trabajos para el desarrollo del UTCI (2004, 2006, 2010), las investigaciones de Jendritzky (2012), Blazejczyk (2014) y Marques Marques-Monteiro (2008) se retomó el valor calculado de la temperatura radiante media como un factor determinante para la sensación térmica percibida.

Este valor no se tomó con algún instrumento meteorológico, pues se calculó en base a las mediciones obtenidas en campo; el desarrollo de ésta se encuentra fundamentado, además de los trabajos mencionados, en el procedimiento que se establece en la norma ISO 7726:2012, la cual se encuentra ratificada y en uso.

Las variables que se utilizaron en el cálculo de la misma fueron las siguientes: TBS, VV, TGG; a parte de los datos anteriores, fue necesario establecer características, como uso de sensores de globo estandarizados o no estandarizados y niveles de emisividad de la cobertura del mismo; todas estas especificaciones fueron consideradas para el uso las fórmulas establecidas en la norma ISO 7726.

Así pues, la norma contiene cuatro fórmulas para el cálculo de la TrM; cuyo uso depende, de la exposición del sujeto a convección natural o forzada, y tipo de termómetro de globo utilizado. El primer paso para establecer la TrM, es encontrar el coeficiente de intercambio de calor, el cual está dado por las siguientes ecuaciones:

De convección natural:

$$h_{cg} = 1,4 \left(\frac{\Delta T}{D} \right)^{1/4} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

h_{cg} = coeficiente de intercambio de calor.

ΔT = diferencial de temperaturas entre TBS y TGG.

D= diámetro del sensor de globo

De convección forzada:

$$h_{cg} = 6,3 \left(\frac{VV^{0,6}}{D^{0,4}} \right) \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

h_{cg} = coeficiente de intercambio de calor.

VV= diferencial de temperaturas entre TBS y TGG.

D= diámetro del sensor de globo

Así pues, se realizó una comparativa entre ambos resultados; para lo cual, el valor mayor es el que determinó las ecuaciones serían utilizadas para cálculo de la temperatura radiante media en función del coeficiente más alto en la pérdida de calor y por otro lado, el tipo de sensor de globo que se empleó; al usar sensor de globo estandarizado (150mm de diámetro) las ecuaciones fueron:

Cálculo de TrM bajo convección natural y sensor estandarizado:

$$TrM = \left[(TGG + 273)^4 + 0,4 * 10^8 |TGG - TBS|^{\frac{1}{4}} * (TGG - TBS) \right]^{\frac{1}{4}} - 273 \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde:

TrM= Temperatura radiante media.

TGG= Temperatura de globo gris

TBS= Temperatura de bulbo seco

Cálculo de TrM bajo convección forzada y sensor estandarizado:

$$TrM = \left[(TGG + 273)^4 + 2,5 * 10^8 * VV^{0,6} * (TGG - TBS) \right]^{\frac{1}{4}} - 273 \quad \text{Ecuación 33}$$

Donde:

TrM= Temperatura radiante media.

TGG= Temperatura de globo gris
 TBS= Temperatura de bulbo seco
 VV= Velocidad de viento

Por otro lado, para sensor de globo no estandarizado (el que se encuentra fuera de las medidas de las normas) las ecuaciones que se podrían aplicar en función de cuál sea el coeficiente más alto en la pérdida de calor son:

Cálculo de TrM bajo convección natural y sensor no estandarizado:

$$TrM = \left[(TGG + 273)^4 + \frac{0,25 \cdot 10^8}{\varepsilon_g} \left(\frac{|TGG - TBS|}{D} \right)^{\frac{1}{4}} * (TGG - TBS) \right]^{\frac{1}{4}} - 273 \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde:

TrM= Temperatura radiante media.
 TGG= Temperatura de globo gris
 TBS= Temperatura de bulbo seco
 D= Diámetro del sensor de globo en metros (m)
 ε_g = Emisividad de la superficie del sensor

Cálculo de TrM bajo convección forzada y sensor no estandarizado:

$$TrM = \left[(TGG + 273)^4 + \frac{1,1 \cdot 10^8 * VV^{0,6}}{\varepsilon_g * D^{0,4}} * (TGG - TBS) \right]^{\frac{1}{4}} - 273 \quad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

TrM= Temperatura radiante media.
 TGG= Temperatura de globo gris
 TBS= Temperatura de bulbo seco
 VV= Velocidad de viento
 D= Diámetro del sensor de globo en metros (m)
 ε_g = Emisividad de la superficie del sensor (sin unidad)

En el trabajo realizado, en todos los cálculos la convección para el intercambio de calor fue la forzada; el sensor de globo no era estandarizado puesto que el diámetro del mismo era de 0,03m, por lo tanto la ecuación 35 fue la que se usó para el cálculo de la TrM; para el caso de la emisividad de la superficie del sensor, “el Dr. Marques-Monteiro mencionó que ésta se debe a la característica de la superficie del sensor de globo, al referir con esto, el acabado mate que estos tienen, por lo que el valor que se debe de utilizar para el desarrollo de la fórmula es de 0.95” (Marques-Monteiro, comunicación personal, 16 de octubre de 2018).

3.3.1.2.- Equipos de medición meteorológicas

Como se menciona al comienzo del apartado, se utilizaron criterios específicos tomados de otras investigaciones para la selección de los instrumentos (Figura 24), dentro de los más preponderantes se tiene:

Precisión y rango: se estableció que en temperaturas los errores debieron de ser menores a 1 °C. Por otro lado, según Luna (2008) y Bojórquez (2010) por la variabilidad de las temperaturas en la región de Mexicali, B. C donde los rangos pueden oscilar hasta 30,0 °C, en temporada cálida (mínimas de 24,0 °C y máximas de 45,0 °C, con máximas extremas de 54,0 °C) y de 25,0 °C en temporada fría (mínimas de 5,0 °C y máximas de 28,0 °C, con mínimas extremas de -3,0 °C), se debe de utilizar un rango en los sensores de temperatura que oscilen entre -1 a 60 °C.

En el caso del sensor de globo gris se consideró un rango entre 1 y 75 °C, (retomado este dato de Bojórquez (2010)). Para la humedad relativa existen valores promedios máximos entre 60 y 65%; y se consideraron rangos superiores en 10% a los valores de máximos y mínimos extremos registrados que fueron 5% a 75 %.

Disponibilidad y accesibilidad: se buscó instrumentos de tipo comercial con las características necesarias para su uso. La “accesibilidad” se definió como los costos y tiempos de entrega del equipo; para este caso, se tuvo el apoyo del Laboratorio de Diseño Ambiental de la Facultad de Arquitectura y Diseño, de la Universidad Autónoma de Baja California, que proporcionó la mayoría de la instrumentación para realizar las mediciones meteorológicas.

Complejidad de operación: se refiere a la fácil utilización de los instrumentos de medición meteorológica, que no necesitaran capacitación específica o de personal especializado para su operación. Lo anterior se sustenta en el proceso de recolección de datos que se realizó en espacios públicos exteriores y al apoyo del personal de campo, que en su totalidad eran alumnos pertenecientes a la Facultad de Arquitectura y Diseño y a la Facultad de Ingeniería de la

Universidad Autónoma de Baja California; por estos motivos, el equipo a utilizar contó con una pantalla de visualización de los valores medidos, para tener una mejor recolección de los datos.

Monitor de estrés térmico ExTech HT 30

Se utilizó este medidor de estrés térmico, que mide el índice de calor térmico (WBGT), para establecer la incomodidad térmica de los sujetos al combinarse la humedad relativa, temperatura de bulbo seco, velocidad de viento y radiación solar directa o radiante (Figura 25).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
Figura 25.-Monitor de estrés térmico ExTech HT30

El instrumento cuenta con sensores de Temperatura de globo negro (TGN) para establecer el efecto de la radiación solar directa sobre una superficie expuesta; para la investigación, se utilizó el de bulbo gris, por lo cual el sensor se pintó de un color gris con una emisividad de 0.5, conforme a lo recomendado por Humphreys en el trabajo de Nikolopoulou y Likoudis (2006).

Además, cuenta con sensores para medir temperatura de bulbo seco (TBS) y humedad relativa (HR). Las características adicionales incluyen: selección de unidades °F/°C, apagado automático con mando e interfaz RS-232 con programa 407752 para Windows, conveniente para el almacenamiento y descargas de los datos (Tabla 20).

Tabla 20.- Características y especificaciones del monitor de estrés térmico

Concepto	Especificación
Temperatura de globo y bulbo húmedo (TGBH)	0°C a 50°C (32°F a 122°F)
Precisión de TGBH	Calculado de parámetros medidos
Temperatura de globo negro (TGN)	-30°C a 550°C (-22°F a 1022°F)
Precisión TGN IN	±2°C (4°F)
OUT	±3°C (5,5°F)
Temperatura del aire (TBS)	0°C a 50°C (32°F a 122°F)
Precisión	±1°C (1,8 °F)
Humedad relativa (HR)	0 a 100%HR
Precisión HR	±3% (@25°C, 10 a 95%RH)
Resolución	0,1°F/°C; 0,1%HR
Temperatura de operación	0°C a 50°C (32°F a 122°F)
Humedad de operación	Max. 80% RH
Fuente de energía	Dos baterías AAA
Vida de la batería	Aprox. 1000 horas
Dimensiones	Medidor: 254 x 48.7 x 29.4mm (10x1,9x1,1") Esfera negra: 40mm, 35mm (1,57 D., 1,37H)
Peso	136g (4,8 oz.)
Accesorios Optativos	Software PC y cable (407752)

Fuente: Elaboración propia, en base manuales ExTech.

Anemómetro AN10.

Este dispositivo mide la velocidad del viento con un sensor de paletas, las unidades en las que arroja los valores registrados son cinco diferentes: m/s, fpm, mph, kph y nudos. Cuenta con una pantalla retroiluminada mediante sensor para su encendido lo que hace fácil las lecturas de valores; una de las características principales del mismo es que es unidireccional, lo cual dificultó la toma de mediciones en campo (Figura 26).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
 Figura 26.- Anemometro ExTech AN10

En cuanto a la precisión del instrumento, en la Tabla 21 se desarrollan las escalas y su resolución, así como los rangos de las lecturas del mismo:

Tabla 21.- Tipos de mediciones y precisión del anemómetro.

Función de medición	Escala y Resolución	Precisión (de la lectura)
m/s (metros por segundo)	1,1 a 20	+/- (1% + 0,10 m/s)
fpm (pies por minuto)	80 a 3936	+/- (3% + 40 ft/m)
mph (millas por hora)	0,9 a 45	+/- (3% + 0,4 mph)
kph (kilómetros por hora)	0,8 a 72	+/- (3% + 1,0 km/h)
Nudos	0,8 a 39	+/- (3% + 0,4 nudos)

Fuente: Elaboración propia, en base a de manuales ExTech.

Por otro lado, las características y especificaciones del instrumento se encuentran establecidas en la Tabla 22 que se muestra a continuación:

Tabla 22.- Características y especificaciones del monitor de anemómetro.

Concepto	Especificación
Pantalla	LCD retroiluminada con indicadores de estado
Tipodesensor	Molinete de palas con mecanismo de rodamiento sin fricción
Notas sobre la precisión	La precisión está especificada para la siguiente escala de temperaturas ambientales: 18 a 28°C (64 a 82°F)
Frecuencia de muestreo	1 muestra por segundo
Condiciones de operación	0 a 50°C (32 a 122°F); <80% HR sin condensación
Condiciones de almacenamiento	-10 a 60°C (14 a 140°F); <80% HR sin condensación
Fuente de energía	Batería 9V
Vida de la batería	Aprox. 100 horas
Dimensiones/Peso	135 x 229 x 46mm (5,3 x 9 x 1,8"); 200g (7,0 oz.)
Apagado automático	Apagado automático después de 15 minutos

Fuente: Elaboración propia, en base a manuales ExTech.

Medidor digital de nivel de sonido ExTech modelo 407730.

El sonómetro utilizado, mide los niveles de presión de sonido en dB desde 40 a 130 dB. Las características seleccionables incluyen ponderación de frecuencia ('A' de 20 Hz a 20 kHz y 'C' medición del nivel de presión Sonora Peak), tiempo de respuesta (Rápido y Lento), retención de máximos y registro de Máx./Min (Figura 27).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
Figura 27.- Sonómetro ExTech modelo 407730.

Fue necesario para medir la potencia del sonido ambiental y las mediciones se utilizarán para análisis en cuanto a la preferencia y tolerancia de los sonidos ambientales; las características del mismo se encuadran a continuación (Tabla 23).

Tabla 23.- Características de operación del sonómetro.

Concepto	Especificación
Pantalla	LCD con gráfica de barras
Micrófono	10mm (0,5") Condensador Electret
Amplitud de banda de medida	300Hz a 8 kHz
Escala de medición	40 a 130dB (A wtg), 45 a 130dB (C wtg)
Ponderación de frecuencia	'A' y 'C.' (selectiva)
Precisión / Resolución	± 2dB @1kHz (bajo condiciones de referencia) / 0,1 dB
Tiempo de respuesta	Rápido: 125 milisegundos / Lento: 1 segundo
Fuente de calibración	1khz onda sinoidal @ 94 o 114dB
Salida CA	Escala total 0,707Vrms
Tensión	4 baterías AAA

Vida de la batería	30 horas (típica) Indicador de batería débil alerta al usuario
Apagado automático	Después de aprox. 20 minutos
Temperatura de operación	0 a 50°C (32 a 122°F)
Humedad de operación	10 a 90% RH
Temperatura de almacenamiento	-20 a 60°C (-4 a 140°F)
Dimensiones / peso	230 x 57 x 44mm (9 x 2,3 x 1,7") 172g (6oz)

Fuente: Elaboración propia, en base a manuales ExTech.

Luxómetro (Medidor de luz LED blanca) LT40

El luxómetro mide la intensidad lumínica de fuentes emisoras de luz (sol o lámparas de iluminación nocturna); El LT40 también puede medir luz de fuentes fluorescentes, halogenuros metálicos, sodio de alta presión e incandescentes, con niveles de luz hasta 40,000 Fc (400,000 Lux) (Figura 28).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
Figura 28.- Luxómetro ExTech LT40

Tabla 24.- Tipos de medición y precisión de las mediciones del luxómetro.

Unidades	Rango	Resolución	Precisión
Lux	999,9	0,1	LED blanco: ± (3% lectura + 3 Lux) hasta 500 Lux ± (3% lectura) >500 Lux Otras fuentes de luz visible: No especificado
	9,999	1	
	99,990*	10	
	400,000*	100	
Bujías pie	99,99	0,01	LED blanco: ± (3% lectura + 0,3 Fc) hasta 46 Fc ± (3% lectura) >46 Fc Otras fuentes de luz visible: No especificado
	999,9	0,1	
	9,999	1	
	40,000*	10	

* Las lecturas mayores a 9999 usan un multiplicador x10 o x100 (1 Fc = 10.76 Lux)		
Ángulo de desviación de las características de coseno	30°	±2%
	60°	±6%
	80°	±25%

Fuente: Elaboración propia, en base manuales ExTech.

Dentro de las características de este instrumento se tiene la presencia de indicadores de sobrecarga cuando los valores sobrepasan los rangos del sensor, corrección de ángulo de incidencia, las unidades en las que mide son en Luxes o Bujías – pie, y ajuste para calibración a cero. Las especificaciones del instrumento vienen dadas en la tabla 25

Tabla 25.- Características de operación del Luxómetro.

Concepto	Especificación
Frecuencia de muestreo	2,5 veces por segundo (pantalla digital)
Foto detector	Foto diodo de silicio con corrección del coseno
Pantalla	LCD de 4 dígitos (visualización máxima: 9999) con icono de batería baja, sobrecarga, medición y otros indicadores de función
Escala automática	Ajuste automático de la escala de la pantalla
Condiciones de operación	Temperatura: 5 a 40°C (41 a 104°F); Humedad: < 80% HR
Condiciones de almacenamiento	Temperatura: -10 a 60°C (14 a 140°F); Humedad: < 70 %RH
Indicador de batería débil	“  ” aparece en LCD cuando el voltaje de la batería es demasiado bajo
Tipo de LED	La luz LED blanca
Fuente de alimentación	2 baterías “AAA” de x 1,5V
Vida de la batería	Aproximadamente 200 horas
Apagado automático	El medidor se apaga después de 12 minutos de inactividad
Dimensiones	133 x 48 x 23mm (5,2 x 1,9 x 0,9”)
Peso	250g. (8,8 oz) Incluidas las baterías

Fuente: Elaboración propia, en base a de manuales ExTech.

Radiómetro de energía solar SM-206

Este es un instrumento para la medición de la potencia de radiación solar. Mide directamente la radiación de onda corta sin necesidad de ajustes posteriores mediante cálculos (Figura 29).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
 Figura 29.- Radiómetro de energía solar SM-206

Este instrumento fue necesario para obtener valores de RS que afectan la sensación térmica de los usuarios que realizan actividades intensas; esto, por la cantidad de radiación solar recibida en la ciudad y que perturba las actividades de los individuos. Las características tanto específicas como generales del instrumento se pueden observar en la Tabla 26 que se muestra a continuación:

Tabla 26.- Características de operación del Radiómetro de energía solar

Concepto	Especificación
Rango de error	$\pm 10 \text{ w} / \text{m}^2$ [$\pm 3 \text{ Btu} / (\text{ft}^2 \cdot \text{h})$] o $\pm 5\%$ $\pm 0,38 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ [$\pm 0,12 \text{ Btu} / (\text{ft}^2 \cdot \text{h}) / ^\circ\text{C}$] a $25 ^\circ\text{C}$
Pantalla	3-3/4LCD máximo ejemplo de valores numéricos 3999
Sobrecarga de datos en pantalla	0,1 to 399,9 W / m ² , 1-3999 W / m ² , 0,1 to 399,9 Btu / (ft ² ·h), 1-3999 Btu / (ft ² ·h)
Tiempo de lectura	0,25 s
Temperatura y humedad de operación	-10 ° C to 60 ° C <70% HR
Dimensiones y peso	132 (L) x 60 (A) x 38 (G) MM, 150 g Aprox.
Autonomía de operación	100 h.

Fuente: Elaboración propia. en base a manuales Solar Dr.

Montaje de instrumentos para mediciones ambientales.

Se desarrolló un sistema para poder mantener los instrumentos de medición ambiental de manera estática, ya que los trabajos se realizaron en los suelos irregulares; por lo que fue prioritario mantener seguros los equipos de manera que la toma de las lecturas de las variables meteorológicas fuera fácil para el personal que aplicaban las encuestas y no implicara daño alguno para los mismos.

Para tal objetivo, se diseñó una base de soporte con madera; esta consistió en colocar dos tablones verticales unidos a una pieza horizontal en su lado de canto; la base se pintó del mismo color gris con emisividad de 0,5, para evitar alteraciones en los datos. Al mismo tiempo, a los elementos verticales se le realizó una perforación para aseguraba los instrumentos de medición por medio de elementos de sujeción enroscables, al quedar con esto las pantallas de visualización al frente (Figura 30).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
Figura 30.- Montaje de los instrumentos en soporte trípode para estudio en campo.

Por otro lado, la base de madera se colocó sobre un tripié fotográfico con las siguientes características: tener color claro para no generar fluctuaciones en las mediciones y que este pudiera soportar hasta 5 kg de peso; la sujeción fue mediante una pieza mecánica con orificio central estriado a la cual se acoplaba en ambos sentidos elementos enroscables, lo que le hacía mantener su estabilidad y soportar el peso total de los instrumentos (Figura 30).

Algunas consideraciones importantes para el uso y manejo de los equipos, así como el montaje del mismo es:

- Los sensores deben colocarse a una altura promedio de 1.20 m para individuos que realicen actividades de pie, o 0.60 m para individuos que realicen actividades sentados. Fue recomendable mantener los equipos en tripié para conservarlos alejados de obstrucciones de fuentes radiantes de calor o flujo de aire. Se evitó pararse cerca de la unidad durante la prueba.

- El tripié con los instrumentos debe de estar colocado con orientación este-oeste, con las pantallas de los instrumentos al norte o al sur para respetar los recorridos solares y facilitar la identificación de los flujos de aire.
- Fue necesario distribuir los instrumentos de tal manera que el monitor de estrés térmico y el radiómetro no se obstaculizaran mutuamente las lecturas, por tal motivo se colocaron ambos en las partes superiores, al ubicar el radiómetro en la parte derecha de la base.
- La dificultad de establecer una lectura de la VV, cuando las direcciones del viento no eran las adecuadas para la toma de los valores de las mismas, hizo necesario el desmontar en algunas ocasiones el anemómetro por la unidireccionalidad del mismo.
- Se tuvieron problemas en registro de valores térmicos con los sensores de temperatura de bulbo seco y temperatura de globo gris, debido a la radiación solar directa e infrarroja sobre los mismos, que producía un sobrecalentamiento y sobrevaloración de las lecturas, por lo que se optó colocar un escudo de radiación solar, que consiste en una cubierta de poliestireno (vaso de unicel) con perforaciones que permitieran el flujo de aire a los sensores.

Termómetro infrarrojo de temperatura interna (oído) y externa (piel)

Para recabar los valores de temperaturas de cuerpo, se utilizaron dos tipos de termómetros de infrarrojos; El Braun ThermoScan 6022 (Figura 31a), que mide la temperatura interna en el oído y Thermofocus modelo 0700 (Figura 31b) para temperaturas de piel.

Braun ThermoScan, funciona en condiciones específicas de operación (Tabla 27), mide el calor desprendido por el tímpano y el tejido adyacente. Para evitar diferencias de temperatura, el sensor se calibra por si solo a una temperatura cercana a la del cuerpo humano. Una vez introducido en el oído, el equipo observa continuamente las radiaciones infrarrojas y al asegurar una medición adecuada, los resultados aparecen en la pantalla.

Tabla 27.- Especificaciones de termómetro infrarrojo de oído.

ESPECIFICACIONES	
Rango de temperatura mostrada	34 – 42,2 °C (93,2 – 108 °F)
Rango de temperatura ambiente para funcionamiento correcto:	10 – 40 °C (50 – 104 °F)
Resolución:	0,1 °C o °F
Precisión para rango de temperatura mostrado:)	± 0,2 °C (35,5– 42 °C) (95,9 – 107,6 °F) ± 0,3 °C (fuera

	de este rango de temperaturas
Repetitividad clínica	$\pm 0,14^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,26^{\circ}\text{F}$)
Vida útil de las pilas:	2 años / 1000 mediciones

Fuente: Elaboración propia, en base a manuales Braun

La forma está diseñada para introducirse sólo lo necesario en el canal auditivo y evitar el contacto con el tímpano. Se recomendó que las temperaturas fueran tomadas en un solo oído para todos los sujetos en las encuestas pues estas varían según sea tomada en el canal auditivo izquierdo o derecho; para una medición precisa el conducto debía estar libre de obstrucciones o de acumulación de cera, además de factores externos pueden influenciar las mediciones como dormir tumbado sobre un oído, haber estado bañándose o nadado, en estos casos, es necesario esperar 20 minutos antes hacer la lectura. El termómetro está calibrado de fábrica, por lo tanto, si este es utilizado conforme las instrucciones de uso no requiere ningún tipo de recalibración.



a



b

Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio

Figura 31.- Termómetro de oído para obtener temperatura interna y termómetro infrarrojo para temperatura de piel.

El segundo termómetro Thermofocus modelo 0700 (Figura 31b), para tomar mediciones de piel, se usó para obtener los valores de temperatura externa en tres puntos diferentes (frente y dorso de cada una de las manos) lo que se determinó porque cuentan con un flujo de irradiación del calor por medio de la dermis, generada por la irrigación directa de arterias importantes del cuerpo humano; en la mayoría de los casos la superficie cutánea se encontraban húmeda por el sudor, lo que no afecta a la medición de la temperatura de la misma. La selección del mismo se dio a partir de sus características (Tabla 28) además de las siguientes razones:

- No entra en contacto directo con los sujetos, para evitar riesgo de contagio de enfermedades.
- No es invasivo, no requiere la colaboración del individuo a evaluar.
- Es preciso, tiene un sofisticado microprocesador que garantiza su fidelidad.
- Es económico y no necesitan la compra de artículos extras.

Tabla 28.- especificaciones del termómetro infrarrojo para piel.

ESPECIFICACIONES	
Frente rango de medición	34,0 a 42,5 ° C (93,2 a 108,5 ° F)
Rango de medida (aparte de la frente)	1,0 a 55,0 ° C (33,8 a 131 ° F)
Temperatura ambiente rango	16-40 ° (60.8- 104.0 ° F) *
Precisión	0,1 ° C (0,2 ° F)
El nivel de precisión de acuerdo con la norma ASTM E 1965-98	- 34 a 35,9 ° C (93,2-96,6 ° F) = ± 0.3 ° C ($\pm 0,5$ ° F) - a partir de 36 y 39 ° C (96,8 a 102,2 ° F) = $\pm 0,2$ ° C ($\pm 0,4$ ° F) - a partir de 39,1 a 42.5 ° C (102,4 a 108,5 ° F) = $\pm 0,3$ ° C (0,5 ° $\pm$ F)
Distancia de funcionamiento	3 cm (1,2 pulgadas) fijado a través de la señal óptica
Batería	4xAAA (1.5V)
Peso:	99 g
Tamaño	165 x 40 x 22 mm

Fuente: Elaboración propia, en base a manuales Thermofocus

Para asegurar una mayor precisión, el termómetro para temperatura interna la punta de la sonda se calibra automáticamente a una temperatura que ronda los 36,0 °C. Al colocar el instrumento en el oído, éste debe de tener unos protectores para la seguridad e higiene de los encuestados.

El funcionamiento del termómetro de temperatura externa consiste en la proyección de dos rayos cuya distancia ideal al área de medición es aquella donde los dos coinciden en un solo punto, esta es una zona de 0,02 m de radio, alrededor del punto luminoso, de donde toma la temperatura.

Estos termómetros infrarrojos cumplen con los requerimientos del estándar E 1965-98 (de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales, ASTM por sus siglas en inglés) para el sistema del termómetro (termómetro con filtros).

Monitor de presión sanguínea y ritmo cardíaco

Se utilizó un Monitor Omron de Presión Arterial Automático Modelo HEM-7121 (Figura 32), es de fácil manejo para personas no especializadas en este tipo de equipos, y con características necesarias para la recolección de datos que se necesitaba (Tabla 29); los valores de presión sanguínea que se tomaron en los individuos fueron la presión sistólica (presión alta) y diastólica (presión baja), además del pulso cardíaco (para obtener el consumo de oxígeno en los músculos).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
Figura 32.- Monitor de presión arterial y ritmo cardíaco.

Por otro lado, se tomaron algunas recomendaciones del manual de usuario del instrumento para obtener lecturas correctas: los individuos no debieron consumir bebidas alcohólicas o cafeína, fumar, comer durante 30 minutos antes de realizar una medición, y el brazo no debió estar ceñido

por prendas ajustada al momento de la evaluación arterial, la posición al momento de la a toma de datos tenía que ser sentado con el brazo apoyado para que el brazalete quedara al mismo nivel que el corazón; además de lo anterior, se tenía que evitar cualquier movimiento y conversación con los sujetos.

Se les mencionó a los encuestados que los procedimientos diferían de los profesionales realizados por médicos y personal dedicado a ellos, y que sólo se tomaban los datos de presión sanguínea y pulso cardiaco para cálculos referentes al efecto de la actividad intensa en el aumento de calor interno, consumo de oxígeno y como esto repercute en la sensación térmica.

Tabla 29.- Especificaciones del monitor de presión sanguínea.

ESPECIFICACIONES	
Modelo	HEM-7121
Pantalla	Pantalla digital LCD
Rango de medición	Presión: 0 a 299 mmHg Pulso: 40 a 180 latidos/min.
Precisión	Presión: ± 3 mmHg o 2% de la lectura Pulso: $\pm 5\%$ de la lectura en pantalla
Inflado	Controlado con lógica difusa mediante bomba eléctrica
Desinflado	Válvula de liberación automática de presión
Método de medición	Método oscilométrico
Clasificación IP	IP 20
Fuente de alimentación	4 pilas "AA" de 1,5 V
Vida útil de las pilas	Aproximadamente 1000 mediciones (usando pilas alcalinas nuevas)
Temperatura / humedad de operación	10°C a 40°C (50°F a 104°F) / 15 a 90% HR
Temperatura / humedad / presión de aire de almacenamiento	-20°C a 60°C (-4°F a 140°F) / 10 a 95% HR / 700 a 1060 hPa
Peso	Monitor: Aproximadamente 250 g (8 7/8 oz.) sin incluir las pilas Brazalete: Aproximadamente 170 g (6 oz.)
Dimensiones	Monitor: Aproximadamente 103 mm (ancho) $\times$ 80 mm (alto) $\times$ 129 mm (largo) (4" $\times$ 3 1/8" $\times$ 5 1/8") Brazalete: Aproximadamente 145 mm $\times$ 594 mm (tubo de aire: 750 mm) (5 3/4" $\times$ 23 1/2" (tubo de aire: 29 1/2"))
Circunferencia del brazalete	220 a 420 mm (9" a 17")
Memoria	Hasta 30 mediciones

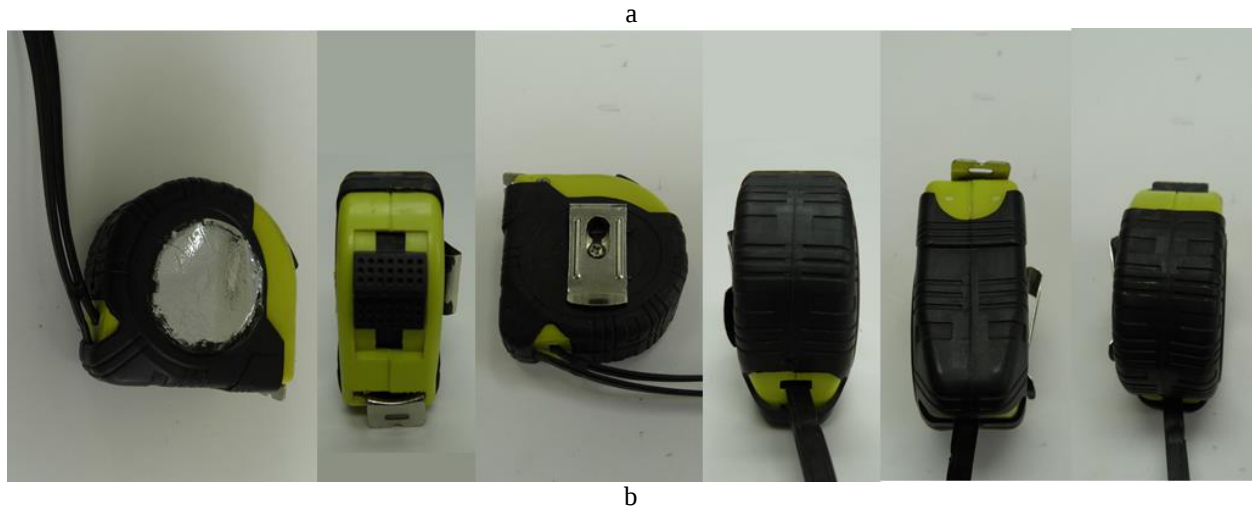
Fuente: Elaboración propia, en base a manuales Omron

Báscula y flexómetro.

La báscula que se utilizó para el estudio fue análoga, de tipo mecánico con resorte; tiene una capacidad máxima de 150 kg y un error de precisión de $\pm 0,150$ kg. El uso del equipo se estableció conforme se describe en el manual de encuesta e instrumentos (Anexo E); para la recolección de datos fiables se tomaron las precauciones siguientes: 1) Evitar un peso mayor a la capacidad de la báscula (150 kg) ya que podía dañarla, 2) Evitar contacto directo con el agua y 3) Evitar el contacto con la humedad excesiva (Figura 33a).

Por otro lado, se utilizó una cinta métrica flexómetro de tipo metálico de tres metros de longitud para obtener la altura de los sujetos en el estudio (Figura 33b). Existió un protocolo que se indicó al personal de encuestas, se indicaba que para tomar la medición de la estatura de los individuos no debería de existir ningún contacto físico por cuestiones de respeto a la integridad de los mismos. El proceso se realizó sobre una superficie lo más plana posible, para tomar la medida se les indicó a los encuestados que podían mantener el calzado; para esto se retomó lo establecido en la investigación de Bojórquez (2010) donde se menciona que el nivel promedio de suela de calzado (0.012 m) y está se le descontaba en el proceso de análisis a la altura de cada sujeto.





Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
 Figura 33.- Bascula análoga de torsión y flexómetro.

3.3.2.- Diseño de cuestionario.

Existen dos aspectos preliminares que son importantes al momento de comenzar el trabajo en campo, el diseño de la muestra (desarrollado en el apartado anterior 3.2.3) y el diseño de cuestionario (Rincón, 2015) (Figura 34), ya que esto determina la confiabilidad de los resultados y la representatividad sobre la población.

Para diseñar el cuestionario, el proceso consideró las siguientes etapas: información general, referencias consultadas, elaboración del instrumento para recolección de datos, evaluación, ajustes y, por último, captura de datos recabados. Es importante destacar, que se tuvieron varios ejemplos como base, donde la mayoría de las preguntas se conservan, o modifican de manera leve para fines prácticos.

3.3.2.1. Consideraciones generales

En el proceso de elaboración de cuestionario (Figura 34) fue necesario consultar a autores como apoyo para su desarrollo, entre los cuales se encuentran Namakforoosh (1996) y Hernández *et al.* (2010); con estos se obtuvieron las particularidades que debe de tener la encuesta, como estructura, orientación de preguntas, además de consideraciones específicas que ayudaron a una fácil elaboración de la misma.



Fuente: Elaboración propia

Figura 34.- Consideraciones a tomar en el diseño de cuestionarios.

Al tomar en cuenta estas consideraciones generales, se optó por redactarlo con un lenguaje sencillo y práctico, estructurarlo de manera clara que permitiera un flujo de preguntas y respuestas ágil para hacerlo entendible para todo tipo de personas (Tabla 30).

Tabla 30.- Consideración y especificaciones en el diseño del cuestionario.

Consideración	Especificación
Información requerida	Las características que se desea conocer del encuestado, que deben corresponder directamente a los objetivos establecidos
Tipo de preguntas	Como se plantearán las preguntas para obtener información y resultados que se desea.
Contenido de pregunta	Las características que debe reunir cada pregunta, ya sea inteligible, sencilla, elaborada o persuasiva, para ser contestada
Forma de respuesta	Es el tipo de respuestas con el que se contesta cada pregunta, ya sea abierta o cerrada, opciones etc.
Palabras a utilizar	Se refiere a la sencillez y facilidad del vocabulario en los cuestionarios para poder ser respondidos adecuadamente.
Secuencia	Es el orden en el que deben de realizarse las preguntas para tener una fluidez natural en la aplicación.
Evaluación del cuestionario	Prueba la comprensión, la interpretación, la claridad, la secuencia y la extensión de cada pregunta y respuesta tanto individual como conjuntamente en una porción de la población.

Fuente: Elaboración propia

Las consideraciones anteriores, sirvieron para realizar un diseño que fuera de fácil comprensión, esto para reducir los tiempos de encuesta al mínimo al prever que la misma no debería de

sobrepasar un máximo de 10 minutos, y buscar el tiempo óptimo siete minutos por aplicación; por lo que se capacitó a los encuestadores para que fueran eficientes y claros en la aplicación del cuestionario.

3.3.2.2. Normatividad y casos análogos.

En la segunda etapa del desarrollo del cuestionario, se consideró la norma ISO 10551 de evaluación de los efectos del ambiente térmico mediante el uso de escalas de juicio subjetivo, que puede ser utilizada para la estimación de la sensación térmica en ambientes exteriores al agregar partes como los aspectos de la radiación solar y los efectos del viento.

De la norma ISO 10551 (2019) y la ANSI/ASHRAE 55 (2010) se consideraron las estructuras de los reactivos y respuestas en el cuestionario, además de agregar también apartados para las características fisiológicas de los sujetos y una descripción del medio construido donde se realiza la encuesta.

Se consultó norma la ISO 8996 Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica; la cual incluye varios métodos para valorar la tasa metabólica, parámetro necesario para evaluar el confort y el estrés térmico; Por otro lado, se consultó la ISO 9920 de Ergonomía del ambiente térmico, determinación del aislamiento de la vestimenta. Mediante la cual se estimó el aislamiento térmico y la resistencia a la evaporación de la ropa, (resistencia a la pérdida de calor seco y de calor por evaporación) basándose en los valores correspondientes de cada prenda, conjuntos de estas y tejidos comunes conocidos.

Posteriormente, se llevó a cabo una revisión de cuestionarios usados en investigaciones similares; estos fueron seleccionados al tomar en cuenta su diseño, los criterios normativos con que se realizaron, las preguntas desarrolladas, el tipo de respuesta, simplicidad de lenguaje y finalmente la estructura de los mismos.

Los casos análogos que se retomaron, son tanto internacionales como nacionales, provenientes de proyectos que evalúan la sensación térmica percibida en áreas exteriores, o semi-exteriores, además de considerar algunos estudios realizados para espacios interiores.

Entre estos están los proyecto RUROS (Nikolopoulou, 2004) del cual se retomó la evaluación del ambiente lumínico y acústico, “Confort térmico en exteriores: actividades en espacios recreativos” (Bojórquez, 2010), “Percepción del ambiente térmico en espacios de transición de clima cálido seco” (Vargas, 2015) en los que se basó para realizar la estructura del cuestionario, además de adjuntar preguntas sobre la apreciación subjetiva de la percepción térmica; Por otra parte, también se analizaron algunos proyectos para interiores como confort térmico en la vivienda CONAVI (Gómez-Azpeitia (2007), del cual solo se compararon para ver estructura y lenguaje utilizado (ver Anexo D).

3.3.2.3. Cuestionario

Para culminar el proceso de desarrollo del cuestionario se retomó lo estipulado por Bojórquez (2010) mediante lo cual se consideraron ciertos criterios respecto a la estructuración y forma del mismo:

1. Estructura visual clara y lógica para facilitar el proceso de aplicación.
2. Extensión no mayor a una cuartilla por ambos lados.
3. La conformación de grupos de información para facilitar la aplicación, captura y procesamiento de la aplicación.
4. Diseñar una escala de sensaciones para la percepción de la radiación solar y el viento, con base en las escalas de ISO 10551.

Con todas las referencias se comenzó a organizar el cuestionario mediante la selección de los reactivos que intervendrían en su ordenación; para la planificación del formato de la encuesta se utilizó la siguiente estructura lógica:

- Incorporación del objetivo general para el cual se realizó la aplicación de encuestas y datos institucionales.
- Seguimiento del cuerpo de cuestionario, con un total de 54 preguntas.

El cuestionario está basado en la propuesta realizada por los estudios de Bojórquez (2010; 2014) para su proyecto de investigación y en el trabajo de Nikoloupoulou (2004) del proyecto RUROS, principalmente, con modificaciones determinadas por las particularidades del estudio; además, se resumió para evitar que fuera complejo e impedir contratiempos al momento de su aplicación;

Con la encuesta de Vargas (2015) se reforzó la manera de la estructuración y auxilió en la corrección de preguntas sobre historial térmico.

En conclusión, se manejaron ocho apartados en el cuerpo del cuestionario, lo que separaba en grupos las preguntas para una más fácil captura de los datos que se recabaron (Figura 35), estas secciones fueron:

1. Datos de control.
2. Percepción térmica.
3. Percepción lumínica y acústica.
4. Historial térmico.
5. Datos fisiológicos.
6. Aislamiento por ropa.
7. Variables meteorológicas.
8. Características del medio construido.

Así mismo se utilizó un lenguaje sencillo y entendible tanto para las personas del estudio como para los que realizan las preguntas, esto permitió un proceso fluido al realizar la encuesta; se revisó que cada pregunta no tuviera alguna ambigüedad que pudiera confundir o persuadir a alguna respuesta específica.

En el apartado 2 del cuestionario, que alude a la percepción térmica de los individuos, se colocó en ese nivel para ser el primer apartado que se llenara, ya que de los 5 a 7 minutos después de terminada la actividad se pierde el estímulo de la sensación térmica en el individuo provocada por la tasa metabólica generada por las prácticas deportivas (de Freitas, 1997; Guyton y Hall, 2001). La encuesta estuvo diseñada bajo los criterios de la norma ISO 10551, además, se incluyeron las preguntas de sensación por radiación y preferencia por radiación utilizadas por Bojórquez (2010) y Vargas (2015) en sus respectivas investigaciones.

Para el apartado 6, del tema de la vestimenta, se utilizó lo convenido en la norma ISO 9920 para estimar los niveles de arropamiento que estipula cinco escalas diferentes, además de lo anterior, del proyecto RUROS se utilizó la parte de uso de lentes para sol, sombreros y sombrillas.

Los datos fisiológicos se encuentran en el apartado 5, estas se encuentran dadas por preguntas abiertas, estas son: datos de edad, sexo, peso, estatura, presión arterial, temperatura y saturación de oxígeno en la sangre (pulso cardiaco).

Se incorporaron preguntas que aluden al historial térmico de los individuos y su adaptación al ambiente (apartado 4), con intención de identificar el origen del usuario, su posible aclimatación, así como las actividades que realiza y la frecuencia de asistencia al lugar, su posición en el momento de la entrevista y sí se consumían líquidos o alimentos.

Universidad Autónoma de Baja California / Instituto de Ingeniería / Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería
Trabajo doctoral: Confort térmico para actividades deportivas intensas en espacios públicos exteriores: Mexicali, B.C.

Responsable: M.Arq. Hiram Eduardo Urias Barrera, a183783@uabc.com.mx, Cel. 044(686)321-33-57

Objetivo: Recabar información de los efectos del clima extremo en personas que realizan actividades deportivas en espacios públicos exteriores, para determinar el riesgo en la salud de los mismos. Le solicitamos su apoyo para contestar este cuestionario, la duración máxima son 7 minutos, la información recabada será confidencial.

INSTRUCCIONES: Marque con un signo de verificación (palomita) '[✓]', en el área correspondiente a la respuesta. En algunos casos, se debe llenar el campo indicado. Las preguntas con asterisco (*) corresponden a información a llenar, sin preguntarla al encuestado.

1. DATOS DE CONTROL. (Solo para control interno)							
1.1*. Folio de cuestionario: []	1.2. Fecha (dd/mm/aa): []	1.3*. Hora inicial (hh:mm): []	1.4*. Hora final (hh:mm): []				
1.5*. Encuestadores (nombre, apellido): []	1.6*. Revisó encuesta (nombre, apellido): []						
1.7*. Capturó (nombre, apellido): []	1.8*. Revisó captura (nombre, apellido): []						

2. PERCEPCIÓN TÉRMICA.							
Escala de medición	1	2	3	4	5	6	7
Sensación térmica 2.9. ¿Cómo se siente en este momento?	[] Mucho frío	[] Frio	[] Algo de frío	[] Ni calor, ni frío	[] Algo de calor	[] Calor	[] Mucho calor
Preferencia térmica 2.10. ¿Cómo preferiría sentirse en este momento?	[] Mucho más frío	[] Más frío	[] Un poco más frío	[] Sin cambio	[] Un poco más caliente	[] Más caliente	[] Mucho más caliente
Sensación humedad 2.11. ¿Cómo se siente en este momento con respecto a la humedad?	[] Muy húmedo	[] Húmedo	[] Algo Húmedo	[] Normal	[] Algo seco	[] Seco	[] Muy seco
Preferencia humedad 2.12. ¿Qué preferiría en estos momentos con respecto a la humedad?	[] Mucho más húmedo	[] Más húmedo	[] Un poco más húmedo	[] Sin cambio	[] Un poco más seco	[] Más seco	[] Mucho más seco
Sensación de viento 2.13. ¿Cómo siente el viento en este momento?	[] Nada de viento	[] Algo de viento	[] Viento agradable	[] Algo fuerte	[] Muy fuerte		
Preferencia de viento 2.14. ¿Cómo preferiría el viento en este momento?	[] Menos viento	[] Sin cambio	[] Más viento				
Sensación radiación 2.15. ¿Cómo siente la radiación solar en su piel, en estos momentos?	[] Nada de radiación	[] Algo de radiación	[] Radiación agradable	[] Radiación algo fuerte	[] Radiación muy fuerte		
Preferencia radiación 2.16. ¿Cómo preferiría la radiación solar en su piel en estos momentos?	[] Menos radiación	[] Sin cambio	[] Más radiación				
Aceptación personal 2.17. ¿Cómo considera el clima en el lugar?	[] Generalmente aceptable	[] Generalmente inaceptable					
Tolerancia personal 2.18. ¿Qué tan tolerable le parece el clima en este momento?	[] Perfectamente tolerable	[] Tolerable	[] Entre tolerable e intolerable	[] Intolerable	[] Extremadamente intolerable		

3. PERCEPCIÓN LUMÍNICA Y ACÚSTICA					
Escala de medición	1	2	3	4	5
Sensación lumínica 3.19. ¿Cómo siente la luz natural en el parque/área deportiva en este momento?	[] Pésima	[] Mala	[] Regular	[] Buena	[] Excelente
Preferencia lumínica 3.20. ¿Cómo preferiría la luz natural en el parque/área deportiva en este momento?	[] Menos luz	[] Sin cambio	[] Más luz		
Sensación auditiva 3.21. ¿Percibe ruidos molestos en el parque/área deportiva en este momento?	[] No se perciben ruidos	[] Se perciben ruido débil	[] Se perciben ruido medio	[] Se perciben ruido fuerte	[] Se perciben ruido muy fuerte
Preferencia auditiva 3.22. ¿Cómo preferiría estar en relación con el ruido en el parque/área deportiva en este momento?	[] Menos ruido	[] Sin cambio	[] Más ruido		

4. HISTORIAL TÉRMICO			
4.23. ¿Siempre ha vivido en Mexicali?: 1. [] No 2. [] Si	4.24. Ciudad donde vivía antes: []	4.25. Años de vivir en Mexicali: [] años	
4.26. ¿Qué actividad deportiva estaba realizando?: []	4.27. ¿Cuánto tiempo lleva realizando esta actividad?: 1. [] < 30 minutos 2. [] > 30 minutos		
4.28. ¿Ha consumido alguna bebida durante la actividad que realizaba?: 1. [] Si 2. [] No	especifique []		
4.29. ¿Hace cuanto fue su última ingesta de alimento?: 1. [] < 60 min 2. [] > 60 min	especifique []		
4.30. ¿Usa con frecuencia el aire acondicionado en su vivienda/oficina?: 1. [] Si 2. [] No	especifique el tiempo: [] Horas		
4.31. ¿Pasa la mayor parte del día en el interior de su vivienda/oficina u otros lugares con aire acondicionado encendido?: 1. [] Si 2. [] No			
4.32. ¿Qué medio de transporte utilizó para venir al parque/área deportiva?: 1. [] Automóvil 2. [] Bicicleta 3. [] Caminando			
4.33. ¿El transporte en el que llegó al parque/área deportiva tenía encendido el aire acondicionado?: 1. [] Si 2. [] No			
4.34. ¿Aproximadamente cuánto duró el trayecto de su vivienda/oficina al parque/área deportiva? 1. [] < 30 minutos 2. [] > 30 minutos			
4.35. ¿Cuál es el tiempo total que lleva realizando su actividad en el parque/área deportiva? 1. [] < 30 minutos 2. [] 30 minutos 3. [] > 60 minutos			

5. DATOS FISIOLÓGICOS									
5.36. Edad: [] años		5.37*. Sexo: M [] F []		5.38. Estatura: [] cm		5.39. Peso: [] Kg		5.40. Temperatura interna: [] °C_ oído	
5.41. Temperatura de piel: [] °C_ frente, [] °C_ dorso derecho, [] °C_ dorso izquierdo		5.42*. Presión arterial: [] diastólica [] sistólica							
5.43*. Consumo de oxígeno: [] VO ₂									
6. AISLAMIENTO POR ROPA.									
6.44a TIPO DE VESTIMENTA									
1.* [] Muy ligera		2.* [] Ligera		3.* [] Normal para verano		4.* [] Abrigado		5.* [] Muy Abrigado para invierno	
						6.45b*. sombrero/gorra 1. [] Si 2. [] No		6.46*. lentes de sol 1. [] Si 2. [] No	
								6.47*. Otros [] Indique []	
7. VARIABLES METEOROLÓGICAS.									
Medidor de estrés térmico: 7.48. Temperatura bulbo húmedo (WGBT): [] °C 7.49. Temperatura bulbo seco (TA): [] °C									
7.50. Temperatura Globo Gris (TG): [] °C 7.51. Humedad relativa (HR): [] %									
Anemómetro 7.52. Velocidad de viento (VV): [] m/s Radiómetro 7.53. Radiación Solar (RS): [] W/m ²									
Luxómetro 7.54. Iluminación: [] lux Sonómetro 7.55. Acústica: [] dB									
8. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO CONSTRUIDO.									
8.56*. Pisos		a)Material		1. Concreto: []		2. Pasto Natural: []		3. Pasto artificial: []	
		b)Color		1. Claro []		2. Intermedio []		3. Oscuro []	
8.57*. Muros		a)Material		1. Bloque []		2. Madera []		3. Malla metálica []	
		b)Color		1. Claro []		2. Intermedio []		3. Oscuro []	
8.58*. Mobiliario		a)Material		1. Bloque []		2. Madera []		3. Metálico []	
		b)Color		1. Claro []		2. Intermedio []		3. Oscuro []	
8.59*. Horario y asoleamiento		a)Horario aplicación		1. Día: []		2. Noche: []		Nota: si la encuesta se realizó en la noche, pase a la pregunta 8.59-c	
		b)Asoleamiento		1. Soleado []		2. Sombreado []		Indique tipo de sombreado: []	
		c)Condición de cielo		1. Despejado []		2. Medio nublado []		3. Nublado []	

¡Gracias por su participación y apoyo!

Fuente: Elaboración propia
Figura 35.- Estructura y composición del cuestionario de la investigación.

Se redactó un apartado de percepción acústica y lumínica (apartado 3), con la finalidad de establecer la relación de estos factores con el confort de los usuarios; esto se basó en el trabajo de RUROS de Nikolopoulou (2004). Además, se tiene una sección (apartado 7) para la recolección de las variables ambientales recabadas (ver Tema 3.3.1.1); El cuestionario culmina, con una caracterización descriptiva del espacio donde se realiza la encuesta (apartado 8), con particularidades como color, tipo de material tanto de muros, pisos y mobiliario.

Se realizó una prueba piloto para mejorar cuestiones técnicas del cuestionario, la comprensión de las preguntas y habilidades de los encuestadores para la aplicación; es importante resaltar, que se realizó una convocatoria a los alumnos de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California, invitándolos a participar en la investigación como parte de su servicio social.

3.3.3.- Trabajo de campo y aplicación de encuesta.

Como se mencionó anteriormente, el número de observaciones que se estableció fue de 270 a 300, las encuestas obtenidas en todo el trabajo desarrollado fueron 1348, con 330 observaciones en promedio para cada temporada de sensación térmica.

Se realizó una prueba piloto en el periodo del 7 al 14 de febrero del 2017 para establecer tiempos de encuestas, ver la fluidez del cuestionario, evaluar los protocolos de aplicación de encuestas y

la eficiencia-eficacia del método de trabajo; en base a estas observaciones se realizaron cambios la manera de aplicación.

Se observó durante la prueba piloto los horarios de mayor ocupación en los espacios públicos exteriores seleccionados, el resultado fue que los tiempos preferidos por la población para realizar sus actividades físicas/deportivas se dividían en dos lapsos principalmente:

- Matutino, de 6:00 a 10:00 h
- Vespertino, que abarca desde las 18:00 a las 22:30 h.

Por otro lado, no se observó una gran afluencia de personas a las áreas establecidas entre las 10:00 a las 18:00 h, puesto que son horarios donde éstas se encuentran en sus actividades laborales; salvo en casos aislados, se dieron encuestas fuera de los dos horarios establecidos; esto se debió a eventos especiales, torneos deportivos o entrenamientos fuera los lapsos normales a los cuales también se asistieron a recabar observaciones.

Uno de los principales cambios que se realizaron fue la manera de encuestar a las personas; la forma convencional de realizarlas era de forma individual, con selección aleatoria o determinística del sujeto y el encuestador realizaba directamente las preguntas al mismo; por la particularidad de tener una mayor concurrencia de actividades deportivas de conjunto, se modificó la manera en que se hizo éste trabajo; ya que al terminar sus prácticas deportivas, los sujetos salían en grupos, por lo que el método convencional hacía que se perdieran un número considerable de observaciones.

Se optó por realizar acercamientos a los grupos antes de que se iniciaran las prácticas deportivas, se explicaba el objetivo de la aplicación de la encuesta, la institución en donde se realizaba la investigación, se exhortaba a llenar las encuestas, si aceptaban, se seleccionaban conjuntos entre 10 a 12 sujetos a los cuales, después de explicarles el procedimiento y de realizar sus actividades deportivas, se les entregaba una copia del mismo para que ellos mismos rellenarán los reactivos.

En este punto, la selección aleatoria se dejó y se eligió la determinística, esto fue derivado de tener una población cautiva, los cuales fueron los alumnos de la Facultad de Deportes con la cual se realizaron convenios y gestione de permisos para poder trabajar con estos grupos.

Cabe mencionar, que, en la mayoría de los casos revisados, el proceso de selección de sujetos predominante es el determinístico. Los individuos de estudio fueron hombres y mujeres entre 12 y 65 años, no se incluyeron aquellos con condiciones biológicas irregulares como enfermedades temporales o crónicas, embarazo, periodo de lactancia o periodo menstrual.

En base a lo establecido en la prueba piloto, los tiempos de aplicación de la encuesta de manera individual rondaban los 5 minutos de duración, esto estaba dentro de lo estipulado en la normativa en cuanto al tiempo de estabilización fisiológica; con los cambios que se realizaron al método de encuesta, el tiempo final promedio rondaba los 8 minutos en grupos de aproximadamente doce individuos, lo que aún estaba dentro del tiempo de recuperación o estabilización, y dentro de los 7 minutos determinados en otras investigaciones (Móndelo, 2013; De Freitas, 1997).

Los tiempos de trabajo en campo estaban determinados por los horarios de operación del área deportiva donde se encuestaría, en este caso se extiende entre las 6:00 a las 23:30 h, se establecieron turnos diferentes en este rango de tiempo.

Los equipos de encuestadores constaban de 3 a 4 personas; a estos equipos de trabajo se les asignaban diversas tareas (Figura 36): dos personas se encargaban de aplicar la encuesta y tomar las mediciones de temperaturas fisiológicas, en el caso donde solamente fueran tres, el tercer individuo era la encargado los datos meteorológicos y la presión arterial de cada uno de los encuestados; en los casos donde fueran cuatro integrantes, el cuarto miembro del equipo se hace cargo de obtención de las temperaturas internas y externas.



Fuente: Elaboración propia
 Figura 36.- Procedimiento para la aplicación de encuestas.

Todos los procesos se optimizaron para que el tiempo promedio no rebasaba el estimado para estabilización fisiológica antes mencionada (Figura 37); en cada turno de trabajo, se entregaba una maleta con todo lo necesario para la aplicación de los cuestionarios y la obtención de datos (Tabla 31).

Tabla 31.- Equipo necesario para aplicación de encuestas.

EQUIPOS NECESARIOS PARA LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA	
Equipo para aplicación de cuestionario	• Cuestionarios foliados. • Tablas de apoyo para encuestas, 15 en total. • Plumas. • 2 linternas. • Copia impresa del manual de la encuesta.
Equipo de medición meteorológica	• Monitor de estrés térmico con un sistema de protección temporal para la radiación y temperatura (escudo de radiación solar). • Anemómetro unidireccional. • Radiómetro solar. • Luxómetro. • Sonómetro. • Trípode • Base de instrumentos
Equipo de medición fisiológica	• Flexómetro (cinta métrica). • Báscula de piso portátil y una superficie plana de apoyo por si se requería utilizarla, en el caso de estar en pasto. • 2 termómetros infrarrojos de temperatura interna (oído). • 2 termómetros infrarrojos de temperatura externa (piel). • 2 monitores de presión sanguínea y ritmo cardiaco.
Equipo de energía para instrumentos	• Juego de baterías AA y AAA.
Equipo e información complementaria	• Identificación oficial del proyecto. • Ubicación del equipo para la aplicación del cuestionario dentro del parque, esta ubicación podía variar conforme al área de concentración de sujetos. • El establecimiento de un punto fijo para la entrega de las encuestas, siendo conveniente el mismo día si el tiempo y el horario lo permitían (La entrega de la encuesta debía ser máximo al siguiente día para evitar extravíos).

Fuente: Elaboración propia

Como parte del proceso, fue responsabilidad de los encuestadores de reconocer y asegurarse que se tuvieran los materiales e instrumentos mencionados anteriormente; además de lo anterior, fue compromiso del encargado del proyecto ver los niveles de carga de las baterías antes de cada turno, y establecer los puntos de encuentro para recabar la información; se les mencionaba a los encuestadores que se debía colocar los equipos en lugares sin cubiertas o árboles, lejos de muros o elementos que alterarán las mediciones infrarrojas, flujos de viento, etc.; no se debía obstruir las actividades de las personas que realizan deportes en las áreas seleccionadas, además de

establecer las ubicaciones idóneas para que los encuestados no alterarán las mediciones de los equipos.

Fue necesario que los encuestados se encontraran en un radio de 2,00 m de los equipos de medición, (Bojórquez, 2010); se procuró la estabilidad de los instrumentos al colocarlos firmemente en lugares planos para evitar accidentes y golpes que pudieran alterar el funcionamiento de los mismos.

Dentro de los protocolos de encuesta, se realizaron varias acciones para llevar a cabo las observaciones: en el caso de los alumnos de la Facultad de Deportes (FD) se estableció una comunicación primeramente con el titular de la clase, donde se explicaba la intención del proyecto y ver la disposición de efectuar el cuestionario por parte de los alumnos, y si estos estaban de acuerdo con la aplicación de la misma.

De los grupos que no pertenecían a la FD, se realizaban acercamientos a ellos y se planteaba en lo que consistía la investigación etc., y se les exhortaba a realizar las encuestas; en ambos casos, cuando las personas no accedían a realizarla se despedía amablemente de ellas y se daban las gracias por el tiempo que se tomaron para escuchar a los equipos.

Así mismo, la manera de responder las preguntas del cuestionario, consistió en imprimir la respuesta con una marca de verificación (✓), las preguntas abiertas se contestaban en el área establecida con letra de molde clara y legible, mientras que los datos numéricos como valores meteorológicos y fisiológicos se anotaban en el lugar correspondiente tal cual arrojaban los resultados de los instrumentos.

Una vez que concluía la aplicación de los cuestionarios, se hacía una revisión rápida para asegurarse que no hubieran quedado preguntas sin responder, si había quedado actividad pendiente se realizaba de inmediato; si no, una vez verificado lo anterior se procedía al “agradecimiento y despedida” al grupo de personas que ayudaron al contestar el mismo, y se le comentaba que posiblemente se volvería a solicitar su colaboración en otra ocasión, para el mismo estudio.

Al finalizar los turnos de encuesta, se procedía a apagar todos los equipos y desmontarlos del tripié para depositarlos en la maleta dentro de los estuches de cada uno, se cuidó que no quedarán

residuos o basura en el lugar, posterior a eso se procedió a recolectar el equipo, encuestas y verificar que no existieran anomalías en los productos del turno de trabajo o los equipos de medición.



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio

Figura 37.- Trabajo desarrollado en campo para obtención de obseraciones.

3.3.4.- Captura de datos

Posterior al trabajo de campo, se desarrolló una base de datos con plataforma en una hoja de cálculo de Excel, por ser compatible con otros programas de análisis estadístico; la estructura, se encuentra dada por la misma organización del cuestionario, y se fundamentó en trabajos anteriores del área de confort (Gómez-Azpeta, 2007; Bojórquez, 2010; Ruiz, 2011; Rincón, 2015).

Para el diseño de la hoja de captura y base de datos, se tomaron tal cual las preguntas del cuestionario diseñado; desde los datos de control, quien encuestó, quien revisó y quien capturó la encuesta, así como la persona que revisó la captura; a parte de estos datos de control, se tiene la hora inicial, hora final, folio y fecha donde se levantó la observación (Figura 38).

Previo a la captura de los datos, se llevó a cabo una revisión de las encuestas para ver posibles equivocaciones en cuanto a la transcripción de los mismos. No obstante, si se detectaban errores en los registros de los instrumentos, se procedía a revisar detalle las encuestas realizadas por ese mismo equipo de encuestadores en ese horario. Cuando había confusión o faltaba información la encuesta era cancelada.

Este proceso fue en parejas o individual, en el primer caso una persona dictaba y otra capturaba los datos, al mismo tiempo ambos revisan la información introducida; en el caso de una sola persona, ésta hacía la captura y revisaba de nuevo para encontrar los errores; una vez terminado ese proceso, una tercera persona revisaba la información recabada en la base de datos por el mismo.

La base de datos, contiene los mismos indicadores y variables que intervienen en la estructura del cuestionario, además de otros datos que se calculan para el estudio (Calor generado, tasa metabólica, índice de masa corporal, consumo de oxígeno, presión de vapor, humedad absoluta, punto de rocío, TrM, etc.). Debido a la inclusión de nuevos grupos o variables, en algunos casos no había coincidencia con las claves de control de la encuesta, lo cual no afectaba el proceso. Por otro lado, existían celdas se llenaban automáticamente por la inclusión de cálculos de valores necesarios para análisis, por lo que fueron protegidos para no ser eliminados. En total se tienen 10 grupos y 59 variables, (Figura 38) (para más información ver apartado 3.3.2.- diseño del cuestionario y Anexo D).

Por último, para realizar el proceso de captura se anexó un instructivo para el personal que hizo esta actividad, además de proporcionar el archivo “BaseDatosPeriodo (cálido, transición, frío).xls”, el cual estaba listo para introducir los datos de las encuestas. Al terminar la captura de los datos, se revisó que las casillas tuvieran valores para poder desarrollar el análisis estadístico de los mismos.

GRUPO		VARIABLE
ESTRUCTURA	1.- Datos de control	Folio, fecha, hora inicial y final, nombres de encuestador, revisor y capturista
	2.- Percepción térmica (subjetiva)	Percepción y preferencia: Térmica, humedad, viento, radiación: tolerancia y aceptación ambiental.
	3.- Percepción lumínica-acústica	Percepción y preferencia: lumínica y acústica
	4.- Historial térmico	Procedencia, actividad deportiva, consumo de líquidos de alimentos, tiempo de permanencia en espacios refrigerados y en espacios interiores, medio de transporte, tiempo de transporte y tiempo de actividad deportiva
	5.- Datos Fisiológicos	Edad, genero, estatura, peso, temperatura interna, externa, presión sanguínea, ritmo cardiaco
	6.- Aislamiento por ropa	Nivel de aislamiento, accesorios: lentes, sombreros, gorras
	7.- Variables Meteorológicas	Índice WBGT, temperatura bulbo seco, temperatura de globo gris, humedad relativa, velocidad de viento, radiación solar, intensidad de iluminación y potencia de sonidos
	8.- Características del medio construido	Muros: material y color, pisos: material y color, mobiliario: material y color, asoleamiento, condición de cielo, horario de aplicación
VALORES CALCULADOS	9.- Datos complementarios fisiológicos	Índice de masa corporal, metabolismo muscular estimado, calor generado, clo estimado, consumo de oxígeno, frecuencia cardiaca máxima, gasto energético
	10.- Datos complementarios valores meteorológicos	Temperatura radiante media estimada, humedad absoluta estimada, presión de vapor estimada, Temperatura punto de rocío

Fuente: Elaboración propia

Figura 38.- Estructura resumen de cuestionario de la investigación.

3.4.- ANÁLISIS DE DATOS.

Con respecto al desarrollo de los modelos, se utilizaron métodos de análisis de datos que permitieron establecer las ecuaciones de confort térmico tanto univariados como multivariados; dentro de estos, tres métodos fueron los que más se adecuaron a las necesidades y objetivos planteados, los cuales se mencionan a continuación, además de lo anterior se instauraron algunos criterios para establecer el grado de afectación de cada una de las variables meteorológicas en la ST.

3.3.1.- *Método de Intervalos de Sensación Térmica.*

Uno de los métodos para análisis de datos que se utilizó fue el de Medias por Intervalos de Sensación Térmica (MIST) (Gómez-Azpeitia et al., 2007; Bojórquez, 2010), el cual se desarrolló con base a lo propuesto por Nicol (1993, 1999) para climas “asimétricos” (Figura 39).

Al utilizar el MIST se determinó entre la muestra estudiada, grupos o estratos (escala de sensación térmica) para calcular el valor promedio y la desviación estándar de los valores meteorológicos de cada uno de ellos. Así, el análisis de regresión se hace con los parámetros medios para cada una de las agrupaciones realizadas mediante las respuestas de sensación térmica percibida, y los rangos de las medias ± 1 y ± 2 desviaciones estándar.

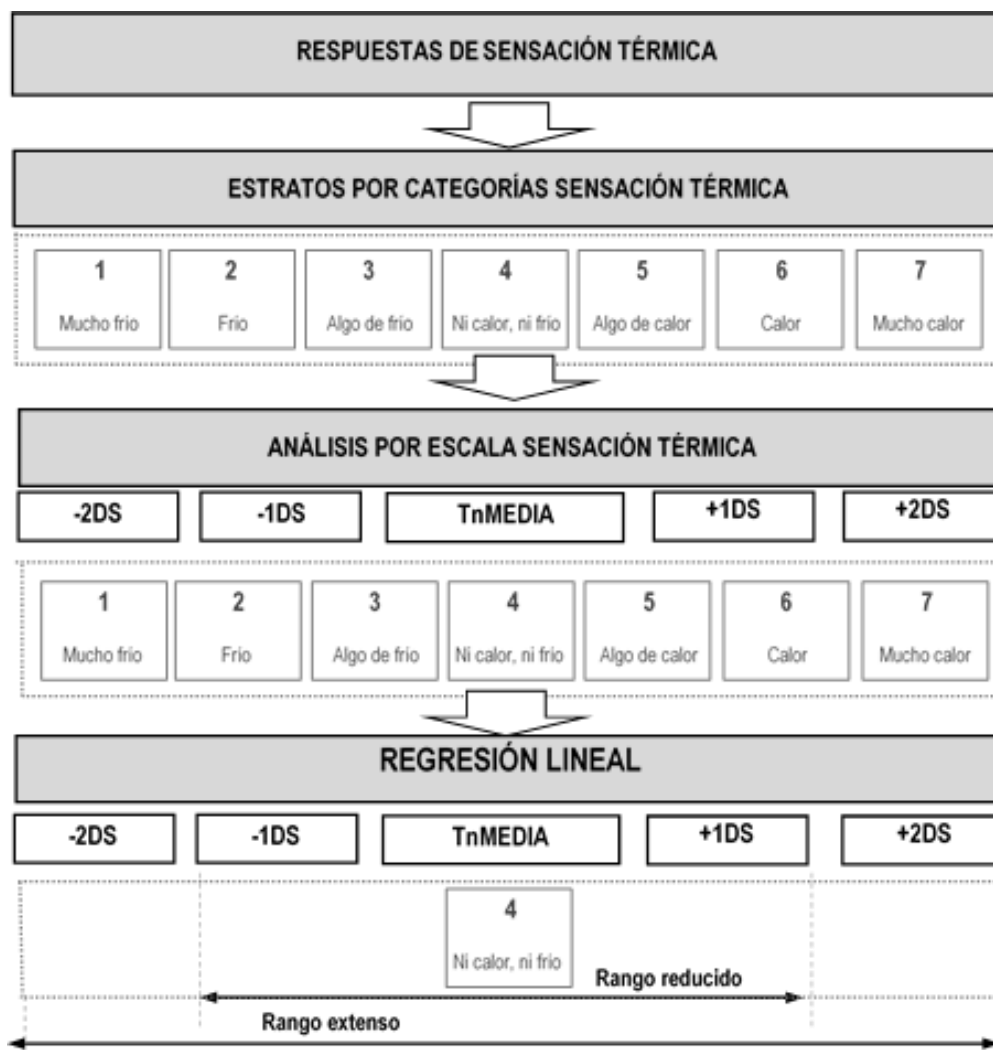
El objetivo del MIST es determinar la media de temperatura de todas las repuestas para cada nivel de sensación térmica percibida. Con este procedimiento, se calcula el valor de la temperatura promedio de los sujetos que dijeron sentirse en confort térmico, pero también de quienes expresaron otros votos de ST. Con base en lo anterior, se procesaron por separado los datos colectados en el estudio de campo de acuerdo con cada una de las siete categorías de respuesta de confort térmico según ISO 10551 (2019).

Se determinaron para cada una de ellas los valores promedio y desviación estándar de las temperaturas registradas para cada respuesta colectada. Cuando el número de réplicas de determinado grupo no fue suficiente para obtener resultados confiables, se omitió el procedimiento y se eliminó la categoría.

Una vez que se obtuvieron estos datos se fijaron los rangos de distribución para cada categoría de respuesta. Se hizo a partir del valor medio de temperatura neutral (T_{nMedia}) y la adición de $\pm 1DE$. Este incluye teóricamente el 68% de las personas que expresaron tener una misma sensación térmica. Se repite el procedimiento y se adiciona $\pm 2DE$ a la T_{nMedia} , con lo que teóricamente se incluye el 95% de la población que emitió un mismo voto.

Finalmente se hizo una regresión lineal con los datos numéricos obtenidos, para determinar las rectas correspondientes a los límites extensos de los rangos definidos por $T_{nMedia} \pm 2DE$, y a los límites reducidos definidos por $T_{nMedia} \pm 1DE$.

Por otro lado, también se hizo lo mismo con los valores de T_{nMedia} . De esa forma se obtuvieron gráficas para cada valor meteorológico por temporada de ST. La intersección de cada una de las líneas de regresión con la ordenada de la respuesta cuatro (4, que representa la sensación térmica de confort: ni calor, ni frío) determinaron la temperatura neutral (T_n), así como los valores límites de los rangos de confort térmico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 39.- Método de estimación de medias y rangos de confort térmico, MIST.

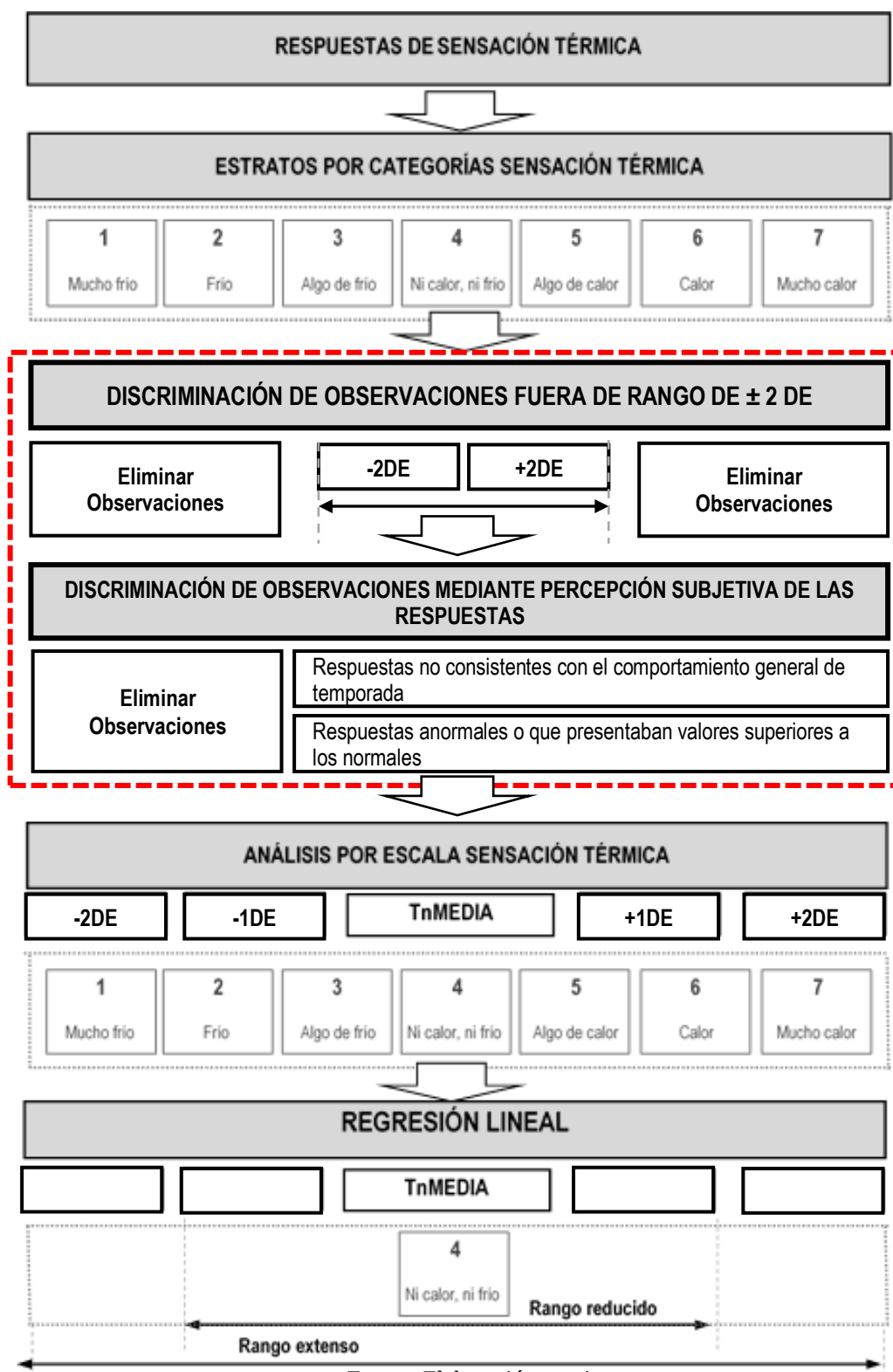
3.3.2.- Método mixto MIST

A su vez, para mejorar los resultados obtenidos en un primer análisis, se realizaron acciones que modificaron el procedimiento del MIST; la particularidad incorporada fue que se utilizó un sistema de discriminación de datos por medio de selección de aquellas observaciones cuyos comportamientos no entraran en un rango de ± 2 DE (Figura 40).

Esto se realizó mediante el análisis estadístico de las variables meteorológicas recabadas en el estudio de campo, posteriormente, aquellas respuestas que se encontrara fuera de los límites de ± 2 DE, se excluían del estudio; con lo anterior, los datos meteorológicos y las respuestas se homogeneizaban y la inconsistencia de estos disminuía; todo lo anterior con objeto de mejorar los coeficientes de determinación, correlación y la eficiencia de los modelos resultantes.

Después de realizar el procedimiento antes mencionado, se procedió con la aplicación del MIST (ver tema 3.3.1 de este apartado) con lo que se obtuvieron los datos para la generación de los modelos; a partir de los pasos anteriores, y con los gráficos puntuales de las encuestas y las líneas de regresión, se realizó un nuevo análisis de las observaciones, en conjunto con el tipo de respuesta dada por los sujetos donde se puntualizaban anomalías las cuales posteriormente se excluían del proceso.

Con lo anterior se generó un sistema de discernimiento y discriminación de aquellas respuestas que no concordaran con un comportamiento de “normalidad” derivada del grupo muestral total para la temporada analizada.



Fuente: Elaboración propia
 Figura 40.- Procedimiento realizado en el metodo mixto MIST.

3.3.3.- Método de Retroalimentación por Discriminación de Residuales (RDR).

Para el desarrollo de los modelos multivariados, a parte de los análisis estadísticos de los datos, se llevó a cabo otro tipo de procedimiento cuyo objetivo principal fue el mejorar las bondades del modelo y la significancia de los parámetros (Figura 41).

Se realizó un análisis estadístico en el programa STATISTICA versión 12 para determinar los parámetros que conformarían el modelo multivariado, mediante una prueba de correlación entre las variables meteorológicas y el voto de sensación térmica.

Posteriormente, se procedió a realizar los modelos multivariados para cada una de las temporadas: frío, cálido y transición cálido frío/frío cálido. En cada uno de los análisis se realizó una tabla de resumen estadístico; esta contiene los índices de calidad de los coeficientes de correlación de Pearson(r), el coeficiente de determinación (r^2), el coeficiente de determinación ajustado ($r^2_{ajustada}$), error estándar de la regresión, error estándar del estimador, así como los errores estándar de cada uno de los parámetros.

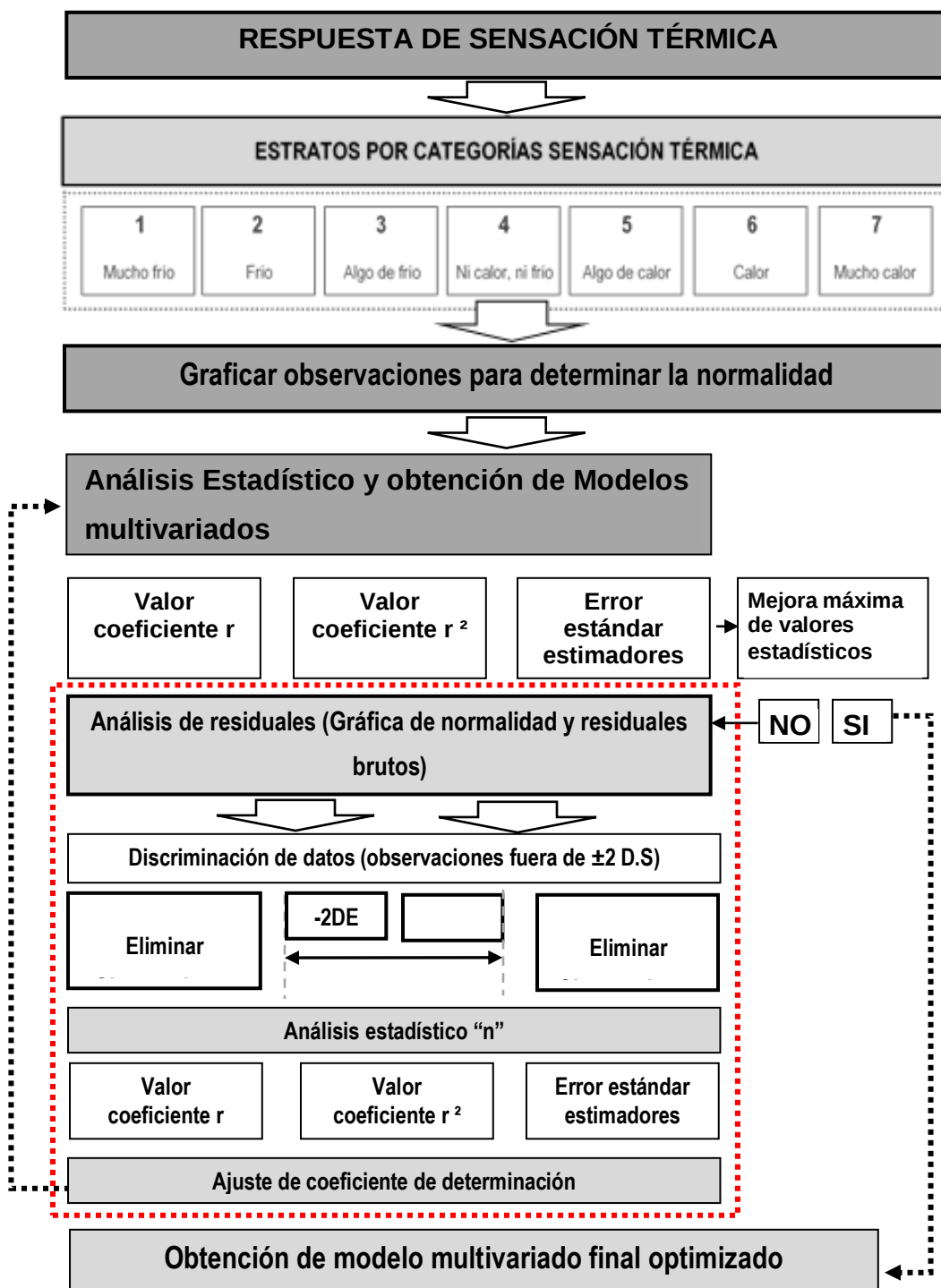
Para esto se utilizaron las 1348 observaciones divididas en los 4 periodos de sensación térmica, estas estuvieron preestablecidas de antemano en un diseño muestral, que dio una confiabilidad de 90%.

Se analizó la información mediante un método para descartar observaciones no válidas y que pudieran afectar los resultados de los análisis; esto es, aquellas observaciones que no coincidieran con el comportamiento natural y estuvieran muy sesgadas hacia uno u otro extremo de la distribución estadística, con esto se estableció un razonamiento determinístico de dos criterios:

1. Eliminar todas aquellas encuestas que se encontraran fuera de los límites de desviaciones estándar, con lo que las respuestas que estuvieran después de las ± 2 DE fueron descartadas del análisis
2. Por medio de un análisis subjetivo donde se instauraba el criterio del autor y su conocimiento del tema, con lo cual podía fijar aquellas encuestas que no contaban con un comportamiento coherente con el resto.

Por lo tanto, el procedimiento anulaba la anormalidad de estos datos en el análisis; Posteriormente, se procedió a realizar gráficas de normalidad y correlación de las todas las observaciones restantes y así poder determinar las variables analizar.

Al hacer este primer acercamiento, se sometieron los datos a un análisis de regresión multivariada en el programa STATISTICA versión 12, entre los votos de sensación térmica y las variables seleccionadas como parámetros de regresión del modelo; posteriormente se procedió a realizar un estudio de residuales, en el cual se obtuvieron gráficas de normalidad de los mismos, además de una tabla la cual mostraba el resultado de las diferencias entre el VST y VST calculado; se analizaron las observaciones que se salían de las ± 2 DE marcadas por la examinación y se descartaban (en este caso, el método no es ajeno a los estudios de confort, con este solo se busca tener la mayor normalidad de los datos a analizar), posteriormente se volvía a repetir el proceso estadístico antes descrito; lo cual se redundó hasta obtener una mejora significativa del coeficiente de determinación y correlación, así como una disminución en los errores estándar de los parámetros de la regresión, para cada modelo multivariado (Figura 41).



Fuente: Elaboración propia

Figura 41.- Método de Retroalimentación por Discriminación de Residuales (RDR)

3.3.4.- Determinación del efecto en la sensación térmica por magnitud de variable meteorológica

Para evaluar el efecto en la sensación de confort térmico, se estableció que la afectación de las variables meteorológicas es diferente y depende de la magnitud de las mismas. Por lo anterior se determinó - mediante un método de trabajo desarrollado por Bojórquez (2010)-, cuál de ellas tuvo mayor o menor inferencia en la ST al tomar en cuenta dos aspectos a evaluar:

1) El efecto por variación de magnitud de las variables meteorológicas: Para evaluar éste, se consideró como valor de referencia la pendiente de la recta (m). Con base en lo anterior se estableció lo siguiente:

Entre más se aleje el valor de m del cero, más influencia tiene la variable meteorológica, sobre la sensación térmica; si el valor de m es positivo, la relación de variables es directamente proporcional, entonces se interpreta que entre más aumente X, más aumenta también Y hacia la sensación térmica de calor.

Por otro lado, si el valor de pendiente es negativo, la relación es inversamente proporcional, y se puede interpretar que entre más aumente el valor de las variables meteorológicas, la ST se reduce, o sea hay un aumento hacia la sensación térmica de frío.

2). *La claridad de la percepción por los sujetos de estudio:* En este aspecto fue importante establecer la homogeneidad de la muestra, se tomó como referencia el coeficiente de determinación (R^2) de la línea de regresión media, ya que este demuestra la cantidad de variación en “y” que está explicada por la recta de regresión, lo que da una idea del grado de dispersión de la muestra estudiada.

El coeficiente de determinación determinó el nivel de dispersión de la respuesta, por lo que con base en los estudios de Bedford (1936) (Citado por Humpreys *et al.*, 2007), Humpreys (1975, 1976), Auliciems (1981), Nicol *et al.*, 1993) de Dear *et al.*, (1997), Bravo y González-Cruz (2003), Nikolopoulou (2004), Ruiz-Torres (2007) y Gomez-Azpeitia *et al.*, (2009), Marques-Marques-Monteiro (2008), Bojórquez (2010), se establecieron los rangos condicionantes siguientes:

- Si la $R^2 \geq 0.9$ la correlación es muy alta, por lo que hay certeza en la concentración de respuestas, la muestra no es dispersa.
- Si $0.7 \leq R^2 < 0.9$ se puede decir que la correlación es alta, la muestra es poco dispersa.
- Si $0.5 \leq R^2 < 0.7$, la correlación es media, la muestra tiene una concentración media.
- Si la $R^2 < 0.5$, la correlación es baja, con alto grado de dispersión en la muestra, por lo que no hay claridad en la percepción de la sensación térmica de la muestra.

Por otro lado, Bojórquez (2010) y Canul (2018) mencionan que en caso de que un valor de m presente una correlación baja, se considerara más apropiado el próximo inmediato con un valor de R^2 de al menos una correlación media ($0.5 \leq R^2 < 0.7$).

CAPÍTULO IV.- RESULTADOS

Para el desarrollo de los resultados se realizaron análisis de regresión lineal de los datos, para las cuatro temporadas de sensación térmica y con cada una de las variables meteorológicas seleccionadas para la elaboración de los modelos univariados y multivariados.

Para lo cual, se fijó un nivel de actividad intensa, y se correlacionó las siguientes variables meteorológicas con la sensación térmica percibida: temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento, temperatura de globo gris y la temperatura radiante media la cual fue calculada con los parámetros meteorológicos recabados en campo.

Es necesario aclarar, que el número de observaciones analizadas en las temporadas para cada variable es diferente, esto dado por los métodos de discriminación utilizados para normalizar la muestra en cada caso.

4.1.- TEMPORADA FRÍA DICIEMBRE-FEBRERO 2017/2018

Con respecto al análisis de la temporada fría, los horarios de aplicación fueron desde las 6:30 a las 22:30 h; el total de observaciones obtenidas en el periodo fue de 333. De las cuales se tiene 163 encuestas de mujeres y 168 de hombres. éstas se recabaron desde el 22 de enero del 2018 hasta el 16 de febrero del 2018.

Durante todo el periodo se observó que la sensación térmica no presentó respuestas de mucho calor -7-, por lo que el voto de sensación térmica de los usuarios (VST) se dio entre mucho frío -1- a calor -6-; los datos climáticos representativos en el periodo que se trabajó en esta se pueden apreciar en la tabla 32.

Tabla 32.- Valores climáticos extremos obtenidos en la temporada fría 22 de enero de 2018 a 16 de febrero de 2018.

Variable meteorológica	Valor mínimo registrado	Valor máximo registrado
Temperatura Bulbo Seco (TBS)	12,0 °C	29,0 °C
Humedad Relativa (HR)	10,6%	76%
Velocidad de Viento (VV)	0,00 m/s	6,46 m/s
Temperatura de Globo Gris (TGG)	10,2 °C	32,7 °C
Radiación Solar (RS)	0,00 W/m ²	910 W/m ²
Temperatura Radiante Media (TrM)*	11,2 °C	67,2 °C

Fuente: Elaboración propia

*Nota.- la TrM es un valor ambiental calculado, no una variable meteorológica.

Las actividades predominantes en el grupo de encuestados fueron: correr con un 12%, hacer ejercicio intenso (acondicionamiento físico) con un 47%, jugar fútbol con un 18%, básquetbol y voleibol con un 8 %, atletismo con un 8%, además de andar en bicicleta en ciertos casos con un 7%.

4.1.1.- Sensación térmica por Temperatura de Bulbo Seco

En el caso de la temperatura de bulbo seco, las respuestas de los usuarios abarcan desde mucho frío -1- a calor -6-, la escala que más votos obtuvo fue la de confort térmico -4- (Tabla 33) las encuestas analizadas fueron 156 mujeres y 143 de hombres lo que dio un total de 299 observaciones, resultado de discriminar aquellas que no se encontraran dentro de las ± 2 DE.

Tabla 33.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de bulbo seco en temporada fría.

VST	ST	VST	Procentaje
6	Calor	40	13%
5	Algo de calor	78	25%
4	Ni calor ni frío	82	27%
3	Algo de frío	52	17%
2	Frío	32	10%
1	Mucho frío	22	7%

Fuente: elaboración propia.

Se observó un comportamiento estable en cada VST, pero con una tendencia a la dispersión de las observaciones mientras más aumentaba el desconfort térmico; por lo que se estableció que los estímulos de la temperatura de bulbo seco son similares para modificar la percepción térmica de los sujetos de una respuesta a otra; esta divergencia aumentó conforme los individuos se acercaban a la sensación de “calor”, esto demuestra que los sujetos involucrados en el estudio aun encontrándose adaptados (por la periodicidad en la ejecución de las actividad intensas) para tales condiciones, estas sobrepasaron los límites tanto de aclimatación fisiológica como de adaptación psicológica, lo que provocaba su extrema incomodidad térmica (figura 42).

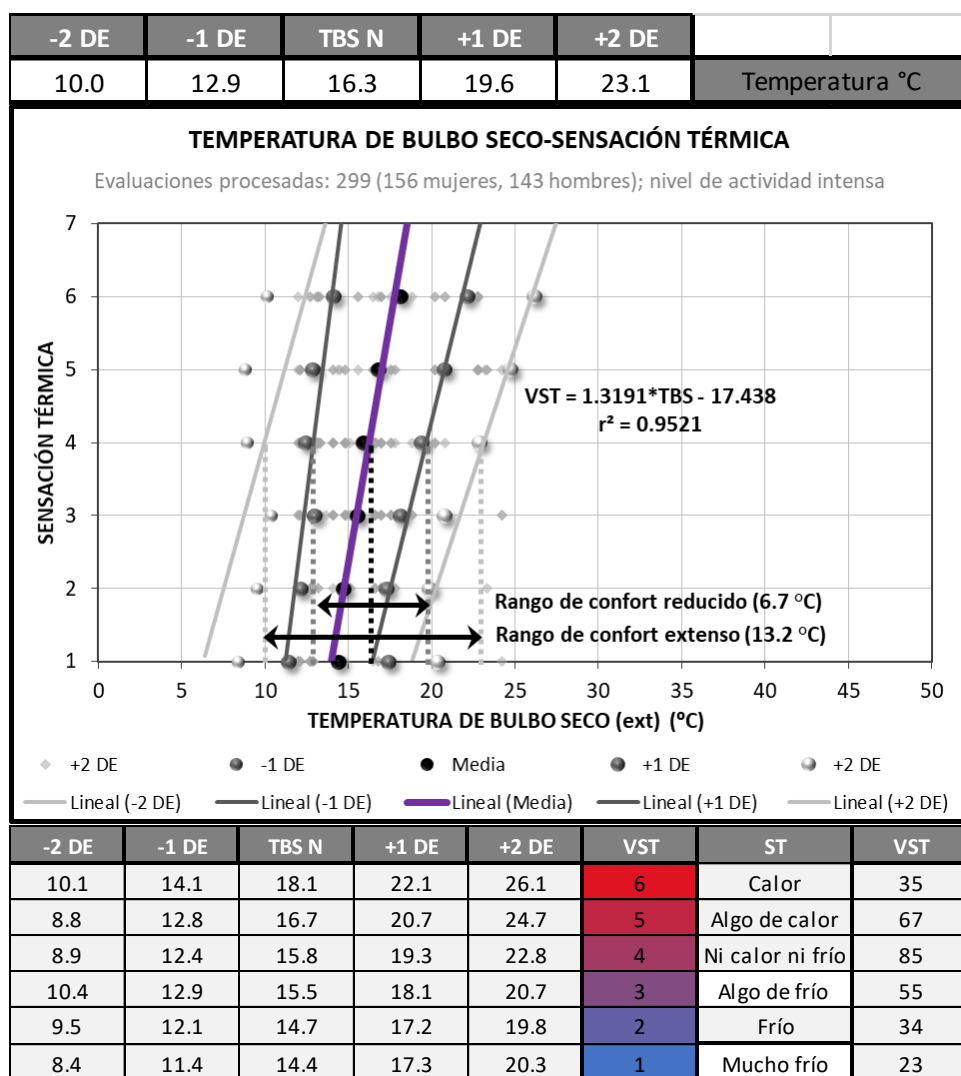
Las líneas de regresión ± 1 DE convergen con respecto a la de la media conforme disminuyó la sensación térmica hacía el frío, lo que representó una mayor adaptación a las condiciones frías que a las cálidas.

Al observar las líneas de regresión y la distribución de las observaciones, de las ± 2 DE, se infiere y refuerza que los individuos tienen una adaptación similar en todas las respuestas de sensación térmica.

Lo anterior es similar a lo afirmado por Höppe (1999) y Nikolopoulou y Steemers (2003), que mencionan una reducción de la dispersión de las respuestas mientras éstas tendían hacia la sensación térmica de “frío” con respecto a la de “calor”; Por lo tanto, se infiere que los estímulos de la temperatura de bulbo seco se reducen en los procesos de ST, al aumentar los niveles de actividad metabólica, lo que concuerda con lo establecido por Mondelo et al. (2013) Fanger (1972) y Marques Monteiro (2013).

En consecuencia, la temperatura neutral (TBS N) de 16,3°C, mientras que los rangos que se obtuvieron fueron de 6,7 °C para el reducido y 13,2 °C el extenso; Lo anterior se debió a las condiciones metabólicas de los sujetos en el estudio, ya que presentaron altos niveles de temperatura interna (máximas de 37,5 °C), que propició un bajo nivel de adaptación térmica a las temperaturas “altas” (Tabla 32); esto coincidió con las afirmaciones de Kvisgaard (1997) y Fanger (1986) (figura 42).

Si se compara lo obtenido con otros estudios, las amplitudes de los valores son menores hasta 10,0 °C; lo que indica una afectación de la tasa metabólica de los sujetos, una adaptación a las condiciones de la temporada fría, reforzada por la periodicidad y consistencia de actividades deportivas de los individuos, su conducta reactiva, experiencia y expectativa, que en su conjunto ayuda a la aclimatación y adaptación de la población a condiciones extremas. Todo lo anterior coincide con lo estipulado por Humphreys y Nicol, (2002), Nikolopoulou y Steemers (2003), Hedge (2008), Mondelo et al. (2013) y Bojórquez (2010).



Fuente: Elaboración propia

Figura 42.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de bulbo seco para temporada fría.

4.1.2.- Sensación térmica por efecto de la Humedad Relativa

La sensación térmica por efecto de la humedad relativa en temporada fría mostró que esta variable afecta directamente en la percepción térmica de los individuos, al provocar la disminución del VST hacia la respuesta de “frío”; la sensación térmica observada fue desde mucho frío (1) a calor (6) con un total de 272 encuestas examinadas (Tabla 34).

Tabla 34.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis humedad relativa en temporada fría.

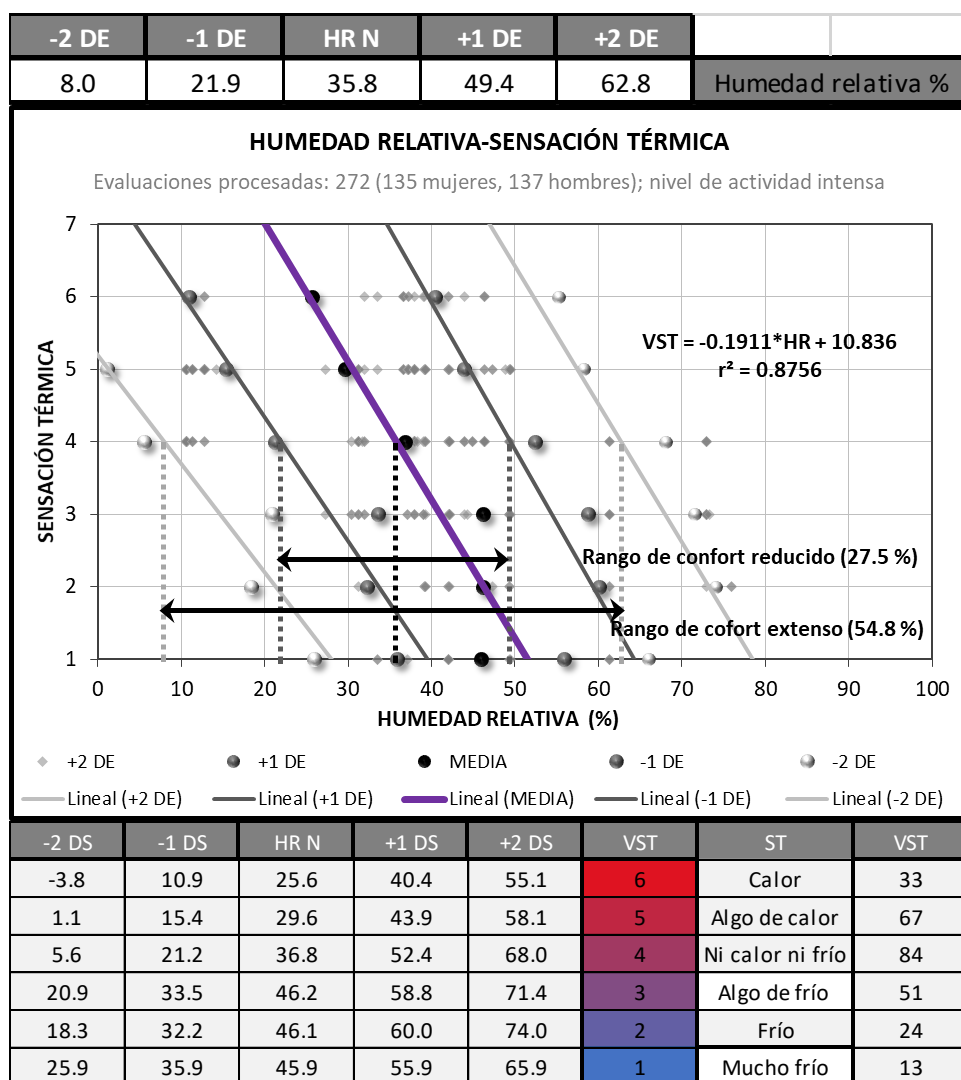
VST	ST	VST	Procentaje
6	Calor	33	12%
5	Algo de calor	67	25%
4	Ni calor ni frío	84	31%
3	Algo de frío	51	19%
2	Frío	24	9%
1	Mucho frío	13	5%

Fuente: Elaboración propia.

Para la temporada analizada se tiene que la humedad relativa neutral (HR N) fue de 35,8%, mientras que los rangos de confort tanto extensos como reducidos se encuentran de 27,5% y 54,8% respectivamente. Existió una variación entre escalas de sensación térmica de 4% a 9% de HR, lo cual es significativo en la percepción del ambiente térmico, esto concuerda con estudios realizados por Bojórquez (2010), Marques Marques-Monteiro (2008), Auliciems y Szokolay, (1997). Además, se presentó una dispersión de datos muy marcada en todos los VST registrados, la mayor concentración de éstos, se dio en la sensación de confort térmico - 4 - (Figura 43).

Al observar las líneas de regresión que fueron visualmente paralelas entres sí, se confirmó un nivel de adaptación similar en cada una de las sensaciones térmicas registradas; Además, se presentó una pendiente descendente hacia los valores que rondan entre los 30% a los 80% de humedad relativa, con lo cual se puntualizó una adaptación a condiciones de HR menores a los 50%, similar a lo establecido por Bojórquez (2010).

En el caso de estudio para los sujetos que realizan actividades deportivas intensas y que están en niveles de desconfort de “mucho calor”, la humedad relativa no fue significativa en la sensación térmica percibida. lo que indicó una mejor adaptación a condiciones de baja humedad, sobre todo en los votos de ST tendientes a “calor” (6), lo que se refuerza por lo establecido por Fanger (1972), Humphreys (1975) y Nikolopoulou y Steemers (2003).



Fuente: Elaboración propia

Figura 43.- Análisis de confort térmico por efecto de humedad relativa para temporada fría.

4.1.3.- Sensación térmica por efecto de la Velocidad de Viento

Por otro lado, para el estudio del efecto de la velocidad de viento se analizaron 153 observaciones de mujeres y 150 de hombres lo que suma un total de 303 encuestas, de las cuales el 26% fueron respuestas de confort - 4 - en la temporada (Tabla 35); esta presentó un comportamiento diferente en todas las líneas de regresión, las cuales fueron visualmente divergentes a la línea de la media, mientras éstas se acercaban a la sensación térmica de mucho frío -1- (Figura 44), lo que indicó que para VV mayores a la media de 1,50 m/s, existe un nivel de adaptación desigual muy marcado entre los VST de frío o calor.

Tabla 35.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de velocidad de viento en temporada fría.

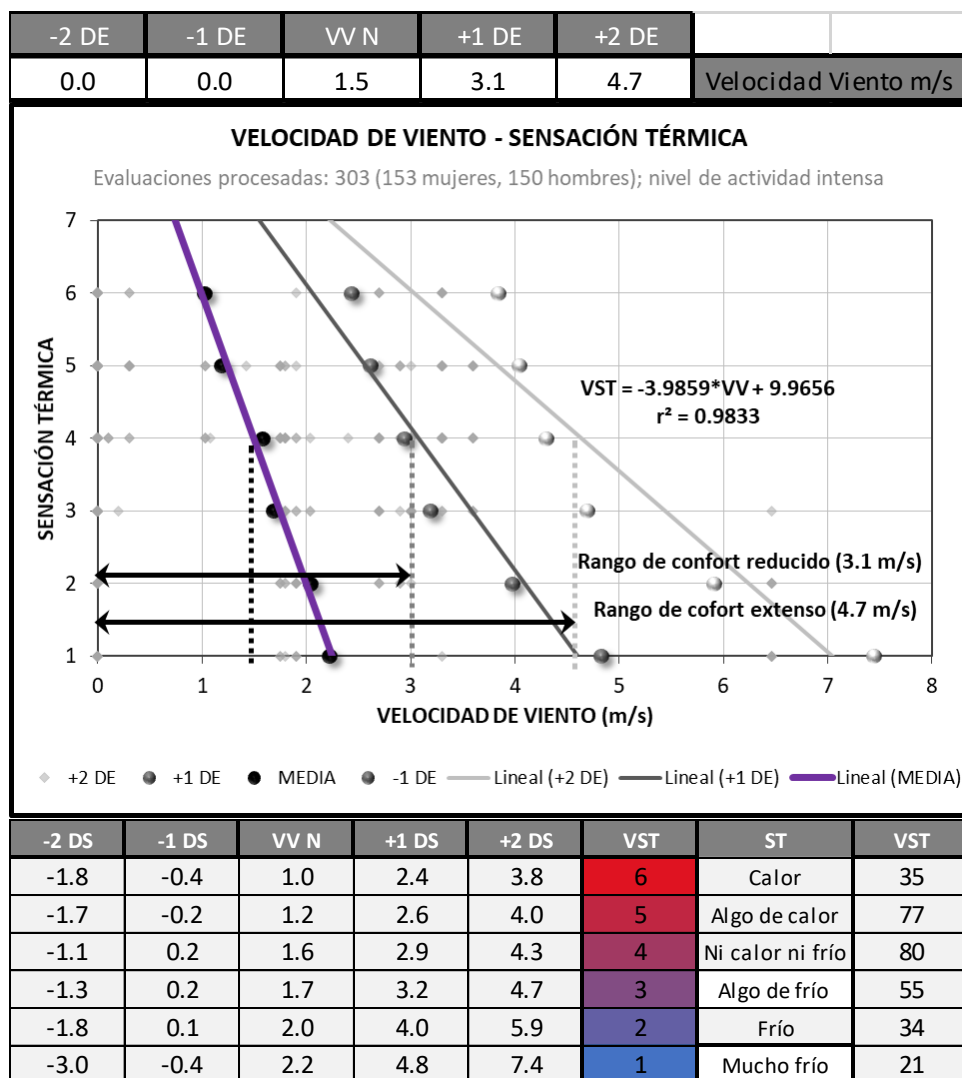
VST	ST	VST	Procentaje
6	Calor	35	12%
5	Algo de calor	77	25%
4	Ni calor ni frío	80	26%
3	Algo de frío	55	18%
2	Frío	34	11%
1	Mucho frío	21	7%

Fuente: Elaboración propia

Debido al proceso de adaptación de los sujetos y el nivel de actividad de estos, no se percibieron sensaciones de “mucho calor”. Lo anterior coincidió con lo mencionado por Höppe (1999) y Fanger (1972) sobre el efecto del viento en los procesos de termorregulación para periodos fríos.

Las líneas de regresión de +1DE y +2DE fueron visualmente divergentes entre sí y con respecto a la media, lo que indica que entre mayor sea el voto de ST de los sujetos, los efectos de la variable meteorológica en el proceso de percepción aumentarán, al hacer con ello que disminuya la tolerancia a la misma y la ST hasta mucho frío -1-.

La velocidad de viento neutral (VV N) para la temporada es de 1,5 m/s, con rangos de confort los cuales dieron valores de 3,1 m/s para el reducido y de 4,6 m/s para el extenso. El efecto que la variable tiene sobre la ST fue debido a las condiciones metabólicas de los sujetos que presentaron temperaturas promedio internas mayores a los 37,0 °C, que propició un bajo nivel de adaptación térmica a velocidades de viento mayores a los límites estimados; esto coincidió con las afirmaciones de Kvisgaard (1997) y Fanger (1986), Marques Marques-Monteiro (2008) y Bojórquez (2010).



Fuente: Elaboración propia

Figura 44.- Análisis de confort térmico por efecto de velocidad de viento para temporada fría.

4.1.4.- Sensación térmica por Temperatura de Globo Gris

El estudio de la sensación térmica por temperatura de globo gris en temporada fría se realizó con un total de 310 observaciones, de las cuales 158 fueron mujeres y 152 hombres (Tabla 36); mostró 48 casos fuera de los límites de confort térmico hacia el extremo de +2DS, con un porcentaje mayor de respuestas en la sensación térmica de “ni calor, ni frío” (Figura 45).

Tabla 36.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de globo gris en temporada fría.

VST	ST	VST	Procentaje
6	Calor	38	12%
5	Algo de calor	72	23%
4	Ni calor ni frío	88	28%
3	Algo de frío	55	18%
2	Frío	34	11%
1	Mucho frío	23	7%

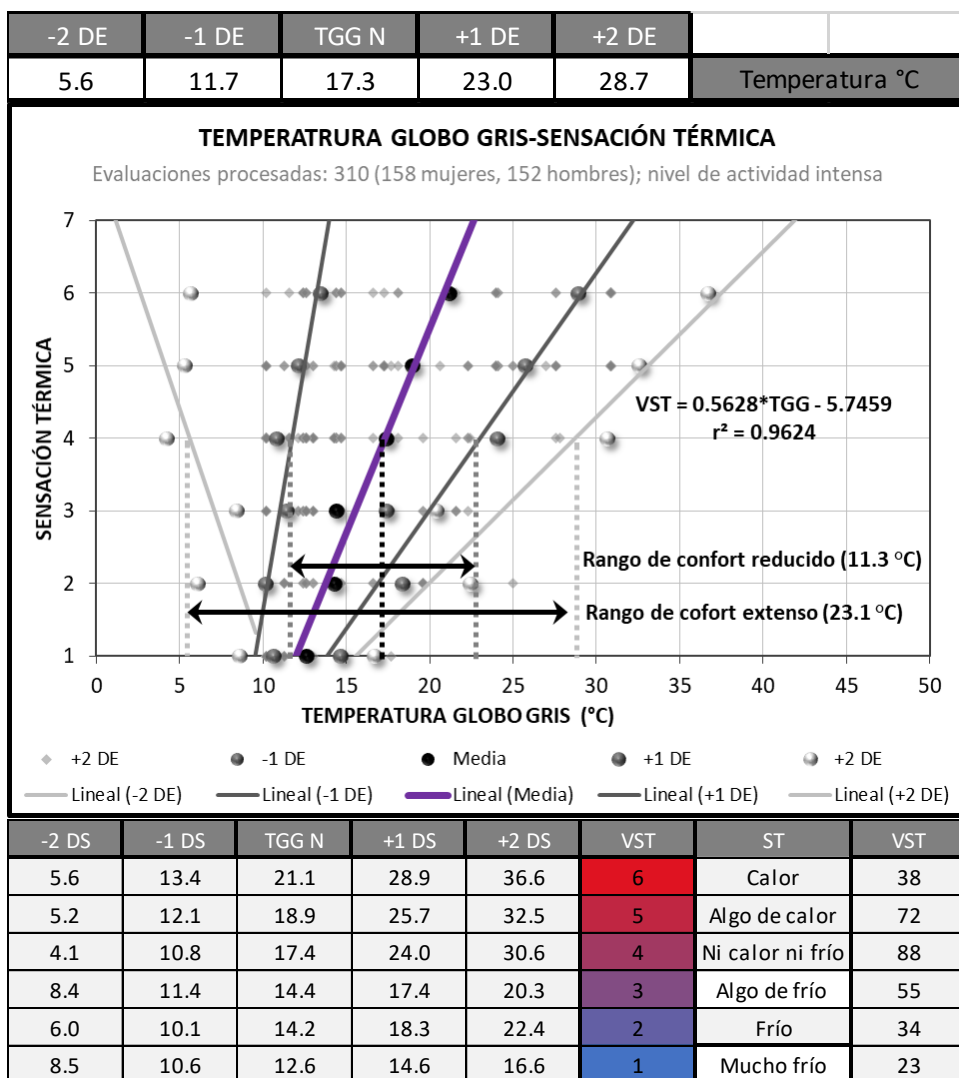
Fuente: Elaboración propia.

La tendencia de los sujetos fue de una menor adaptación a las condiciones cálidas, provocada por el fenómeno de adaptación fisiológica a la temporada fría. Se observó una marcada reducción de los estímulos de la variable en la ST conforme esta se acercaba a mucho frío -1-, además de una convergencia de las líneas de regresión hacia la de la media; esto indicó una mayor adaptación a condiciones de ambiente térmico frío, similar a lo afirmado por Höppe (1999) y Kvisgaard (1997).

Es importante recordar que se estudia a sujetos con una tasa metabólica intensa y una generación de calor mayor a otros sujetos, con lo cual los efectos de la variable pueden producir una sobrevaloración de la TGG, lo cual coincidió con Fanger (1972).

Las respuestas presentaron una dispersión considerable en todos los niveles de ST. Este comportamiento fue debido a las condiciones metabólicas de los individuos, que presentaron una generación de calor aproximada de 2000 W/m^2 , lo cual propicio el discomfort en temperaturas superiores a la TGG N de $17,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por la adaptados a valores mínimos extremos; lo anterior coincide con las afirmaciones de Kvisgaard (1997), Fanger (1986) Bojórquez (2010) (Figura 45).

Por otro lado, las líneas de regresión de $\pm 2\text{DS}$ y $\pm 1\text{DS}$, fueron convergentes conforme aumentó la sensación térmica de frío y reduciendo el rango la TGG, con lo que se demostró una mejor adaptación a valores menores a la TGG N.



Fuente: Elaboración propia

Figura 45.- Análisis de confort térmico por efecto de Temperatura de globo gris para temporada fría.

4.1.5.- Sensación térmica por efecto de la Radiación Solar

Para este estudio se procesaron 306 observaciones, de la cuales 150 fueron mujeres y 156 hombres; en el mismo periodo de encuestas se tenían datos con valores de 0 W/m² lo que dificultó el desarrollo del análisis. La respuesta que más votos recibió fue la de ni calor ni frío -4- con un 29% (Tabla 37)

Tabla 37.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de radiación solar en temporada fría.

VST	ST	VST	Procentaje
6	Calor	40	13%
5	Algo de calor	72	24%
4	Ni calor ni frío	88	29%
3	Algo de frío	51	17%
2	Frío	32	10%
1	Mucho frío	23	8%

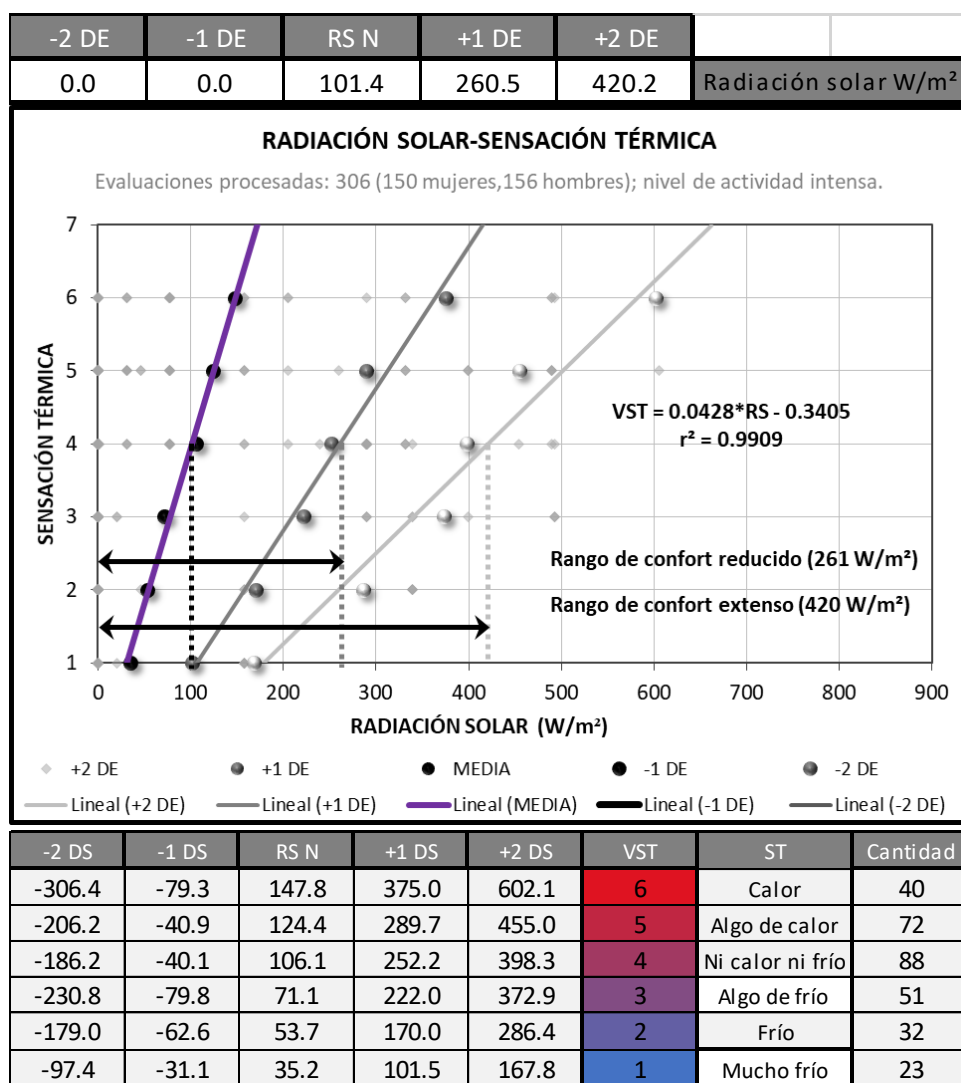
Fuente: Elaboración propia

Las líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE tienen un comportamiento convergente a la de la media, mientras la ST tendía al frío aumenta, lo que indica una adaptación a condiciones de radiación de hasta 400 W/m² y los efectos de valores superiores, hace que aumente la sensación a mucho calor (Figura 46).

Además de lo anterior, el calor generado por la actividad intensa, el grado de arropamiento de los individuos, el color de la ropa y el área de piel expuesta puede provocar el aumento del efecto de la Radiación Solar. La divergencia de las observaciones hacia las respuestas de calor -6-, se debe a la tolerancia de los individuos a valores máximos entre 300 y 400 W/m² y las conductas interactivas y reactivas de los sujetos.

Se obtuvo un rango de 420 W/m² en el extenso y 261 W/m² en el reducido; con esto se puede inferir que la población se encuentra adaptada a valores mínimos de radiación solar, lo que se reforzó por el valor de neutralidad que se obtuvo de 101,4 W/m².

Además por el efecto de la generación de calor se tiene un aumento de los estímulos de esta variable en los sujetos, lo que implica que el 68% de la población de un 95% total estudiada estará conforme con las condiciones de radiación solar dada por el rango reducido, lo que implicaría, una tolerancia menor a valores de radiación superiores a los de ± 2 DE.



Fuente: Elaboración propia

Figura 46.- Análisis de confort térmico por efecto de radiación solar para temporada fría.

4.1.6.- Sensación térmica por Temperatura Radiante Media

El análisis de la TrM se estableció en base a 306 encuestas de las cuales 153 observaciones fueron hombres y 153 mujeres; se observó una dispersión de las respuestas de los sujetos a partir de la media establecida hasta los 59,0 °C aproximadamente, que va desde el voto de frío - 1 - y aumenta conforme se acerca a la sensación de calor - 6 - (Tabla 38).

Tabla 38.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura radiante media en temporada fría.

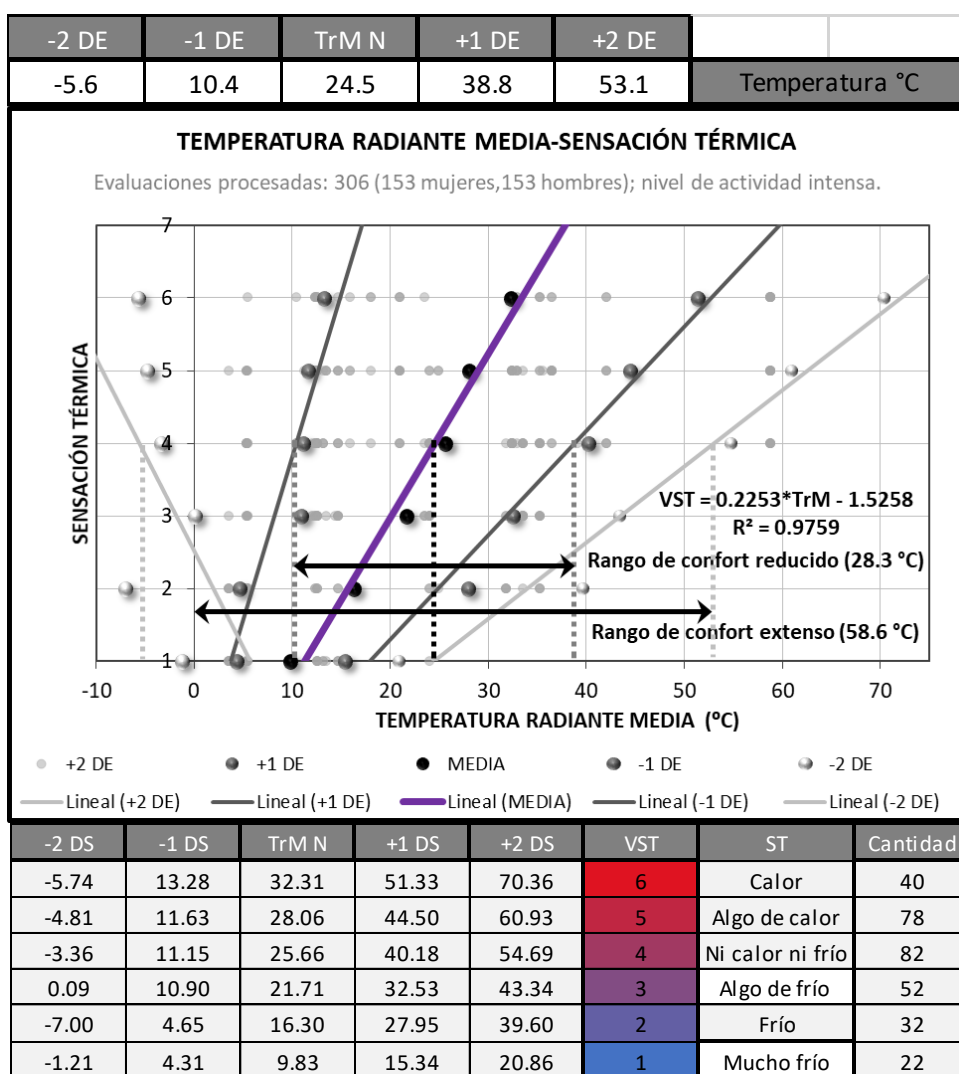
VST	ST	VST	Procentaje
6	Calor	40	13%
5	Algo de calor	78	25%
4	Ni calor ni frío	82	27%
3	Algo de frío	52	17%
2	Frío	32	10%
1	Mucho frío	22	7%

Fuente: Elaboración propio.

Además, se demuestra que los sujetos, aun encontrándose acondicionados por la periodicidad de sus exposiciones a tales condiciones, los valores sobrepasan los límites tanto de aclimatación fisiológica como de adaptación psicológica, lo que provocaba su incomodidad térmica (Figura 47).

Lo anterior se refuerza al observar las líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE que divergen de la media entre más aumente la sensación térmica, con lo que se infiere que entre más aumente la temperatura este afectará directamente al proceso de sensación térmica de los sujetos

El valor neutral encontrado fue de 24,5 °C; se observó que se puede tener una escalada en el voto de sensación térmica en promedio de 5,0 °C; los rangos de confort están entre 28,3 y 53,1 °C; a diferencia de los rangos en TBS y TGG estos son más extensos; esto indica que la variable, al ser una combinación de los efectos de VV, TBS y TGG tiene una mayor afectación en el confort térmico; al compararlo con los estudios de Marques-Marques-Monteiro (2008) y del índice UTCI (*Universal Thermal Climate Index*) (Jendritzky, 2012; Blazejczyk, 2014) ambos coinciden en el comportamiento térmico de los sujetos los cuales presentan una tolerancia mínima a este valor ambiental calculado, lo que reafirma que la TrM es una variable que afecta de manera considerable en la sensación térmica percibida.



Fuente: Elaboración propia

Figura 47.- Análisis de la temperatura radiante media para temporada fría.

4.2.- TEMPORADAS DE TRANSICIÓN MARZO-ABRIL 2017/OCTUBRE-NOVIEMBRE 2017

El análisis de las temporadas de sensación térmica de transición se realizó por separado, ya que presentaban comportamientos desiguales; éstas abarcan los meses de marzo-abril (TT1) y octubre-noviembre (TT2), los días seleccionados para el trabajo en campo fueron del 18 de marzo de 2017 al 6 de abril del 2017, y del 6 de noviembre de 2017 al 24 de noviembre de 2017 respectivamente; los horarios de aplicación correspondieron desde las 6:30 a las 22:30 horas; el total de observaciones obtenidas en ambos periodos fue de 683 encuestas de las cuales 367

fueron observaciones de hombres y 316 de mujeres; de estas 353 fueron recabadas en la temporada de transición 1 y 330 fueron recabadas en la temporada de transición 2.

Las respuestas que dieron los encuestados en la temporada de transición 1 van desde algo de frío – 3 - a mucho calor – 7 -, por el contrario en la temporada de transición 2 van de frío – 2 – a algo de calor – 6 -; las prácticas deportivas intensas que se registraron fueron: correr con un 15%, hacer ejercicio intenso (acondicionamiento físico) con un 45%, jugar fútbol con un 20%, básquetbol y voleibol con un 10 %, atletismo con un 6%, además de andar en bicicleta en ciertos casos con un 4%.

Las variables que se correlacionaron con la sensación térmica percibida fueron: temperatura de bulbo seco, temperatura de globo, humedad relativa, velocidad de viento radiación solar y además el valor ambiental calculado de la temperatura radiante media (TrM); durante las dos temporadas no se presentaron réplicas de mucho frío -1-, al establecer la VST desde -2- a -7- (frío a mucho calor) para ambas, donde las respuestas predominantes fueron ni calor ni frío -4-; las oscilaciones climáticas estaban determinadas por la temporada que le antecedía, llegando a tener temperaturas superiores a los 30 °C y menores a los 15 °C (Tabla 39).

Tabla 39.- Valores climáticos extremos obtenidos en las temporadas de transición, 18 de marzo de 2017 a 6 de abril de 2017/6 de noviembre de 2017 a 24 de noviembre de 2017.

Variable meteorológica	Valor mínimo registrado TT1	Valor máximo registrado TT1	Valor mínimo registrado TT2	Valor máximo registrado TT2
Temperatura Bulbo Seco (TBS)	13,0 °C	36,2 °C	17,2 °C	27,2 °C
Humedad Relativa (HR)	6,9%	78%	28%	61%
Velocidad de Viento (VV)	0,00 m/s	4,8 m/s	0,00 m/s	3,6 m/s
Temperatura de Globo Gris (TGG)	10,9 °C	43,0 °C	14,2 °C	34,1 °C
Radiación Solar (RS)	0,00 W/m ²	1150 W/m ²	0,00 W/m ²	597 W/m ²
Temperatura Radiante Media (TrM)**	10,9 °C	71,8 °C	14,2 °C	67,9 °C

Fuente: Elaboración propia.

*Nota. - TT1= temporada de transición 1, TT2= temporada de transición 2.

**Nota.- la TrM es un valor ambiental calculado, no una variable meteorológica.

4.2.1.- Sensación térmica por Temperatura de Bulbo Seco

En la Temporada de transición 1 Las respuestas de sensación térmica obtenidas abarcan desde algo de frío (3) a mucho calor (7), la escala que más votos obtuvo fue la de confort, ni calor ni frío (4) con un 31 % de las respuestas dadas de un total de 333 (Tabla 40).

Tabla 40.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de bulbo seco en temporada de transición 1.

VST	ST	Cantidad	Porcentaje
7	Mucho calor	34	10%
6	Calor	74	22%
5	Algo de calor	82	25%
4	Ni calor ni frío	104	31%
3	Algo de frío	39	12%

Fuente: Elaboración propia.

Se observó un comportamiento estable en la dispersión de las respuestas, en general los votos de sensación térmica tienen un mismo nivel de adaptación con una tolerancia a las condiciones ambientales de la temporada analizada; se muestra una divergencia o dispersión no tan pronunciada hacia los VST de mucho calor que demuestran que el efecto de la TBS es directamente proporcional al aumento del discomfort de los habitantes.

Lo anterior reafirma condiciones donde los individuos, aun encontrándose en proceso de adaptación entre temporadas, muchos de los valores meteorológicos sobrepasaron los límites tanto de aclimatación fisiológica como de adaptación psicológica, lo que provocaba su incomodidad térmica (Figura 48a).

Además, se observó una tendencia divergente en las líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE con respecto a la de la media, hacia el voto de “mucho calor”; con lo que se infiere una adaptación y aclimatación a temperaturas en el rango de los 15,0°C a 28,0°C fuera de las cuales, la tolerancia de los individuos se ve rebasada y con propensión al cambio de la ST al discomfort; al comparar esto con el estudio de Bojórquez (2010) ambos estudios coinciden en el comportamiento térmico de los sujetos, que reafirma que la constante práctica de las actividades deportivas ayuda a la aclimatación y adaptación de la población a condiciones climatológicas transitorias típicas de la temporada.

La temperatura neutral (TBS N) fue de 22,2 °C; los rangos establecidos por los límites de las desviaciones estándar van desde 13,1 °C el extenso y el reducido de 6,5 °C (Figura 14a); la variabilidad que se dio se debió al calor generado por los sujetos, la actividad deportiva que

realizaban y la baja adaptación y tolerancia a los estímulos de temperatura de bulbo seco mayores, comparadas con la temporada que le precede (temporada de sensación fría).

Por otro lado, en la **Temporada de transición 2** las respuestas de sensación térmica abarcan desde frío (2) a calor (6), omitiéndose las sensaciones extremas de mucho frío - 1- y mucho calor -7-; la escala que más votos obtuvo fue la de confort, ni calor ni frío - 4 - con un 30 % de las observaciones (Tabla 41).

Tabla 41.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de bulbo seco en temporada de transición 2.

VST	VST	Cantidad	Procentaje
6	Calor	29	10%
5	Algo de calor	76	26%
4	Ni calor ni frío	89	30%
3	Algo de frío	87	30%
2	Frío	13	4%

Fuente elaboración propia.

La dispersión de las respuestas es homogénea, lo que provoca una misma tolerancia a los estímulos de la variable analizada; con esto se deduce que los individuos son más perceptivos al descenso de las temperaturas de bulbo seco provocado por el cambio en sus procesos de adaptación y aclimatación.

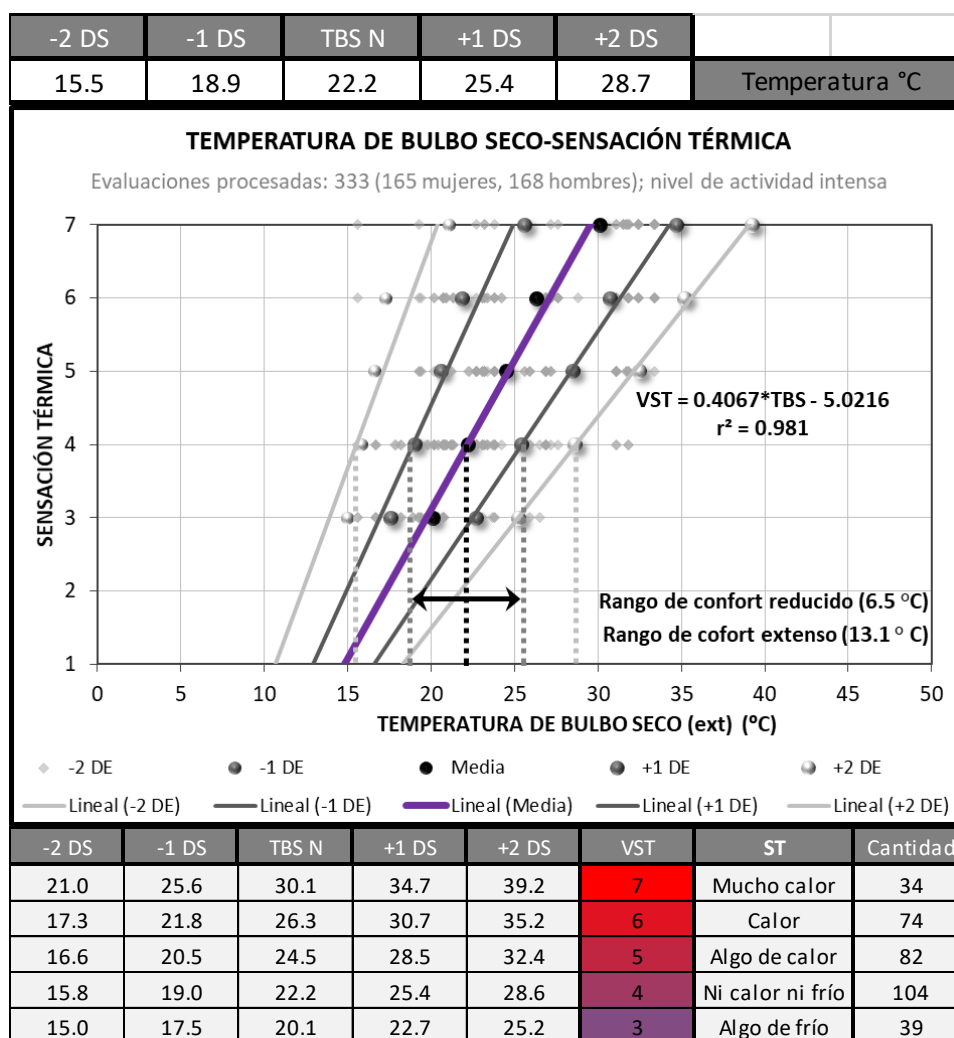
Lo anterior muestra que la aclimatación fisiológica es más lenta que el cambio de temporada de sensación térmica; por lo tanto, los sujetos aun encontrándose acondicionados para tolerar TBS mayores, estos límites de adaptación fisiológica y psicológica generan cambios abruptos en su percepción térmica (Figura 48b).

Se observó una tendencia regular en las líneas de regresión, de ± 1 y ± 2 DE, lo que se indica una adaptación similar para todas las respuestas de sensación térmica; al comparar esto con el estudio de Bojórquez (2010), ambos coinciden en el comportamiento térmico de los sujetos y el grado de afectación de la variable en los procesos de la percepción térmica.

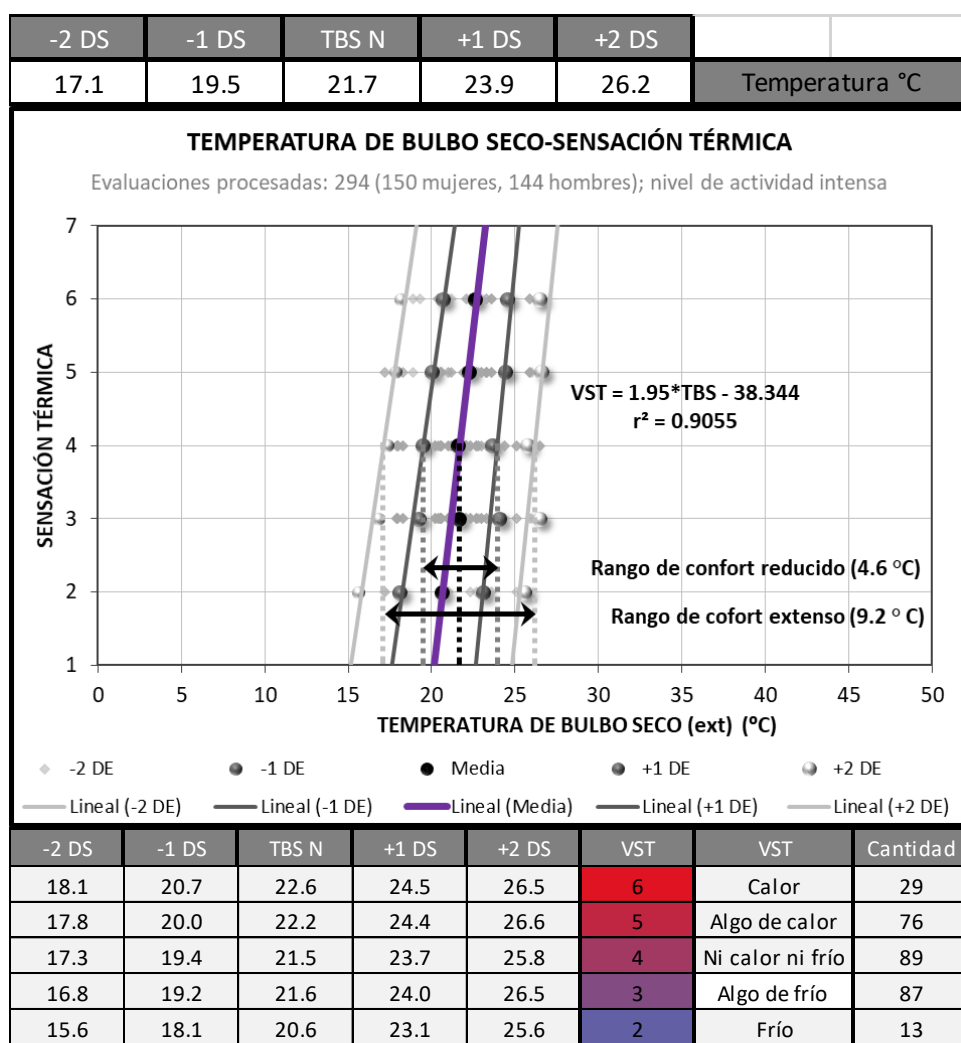
Así mismo, los rangos de los límites de las desviaciones estándar tanto para el extenso y el reducido fueron de 9,2 °C y 4,6 °C respectivamente (Figura 48b); esta variabilidad se debió al calor generado por los sujetos, además de una disminución de la tolerancia a los estímulos de TBS menores en comparación con la temporada cálida. Para la temperatura neutral (TBS N) el resultado fue de 21,7 °C.

La temperatura neutral para las dos temporadas es similar, sólo 0,5 °C de diferencia; por otro lado, los rangos de tolerancia son desiguales, al ser el de la temporada de transición 2 menor en 2,5 °C y 4,0 °C para el reducido y el extenso, esto implica que los estímulos de temperaturas mayores de los 21,0 °C afectan en mayor grado los procesos de percepción térmica y genera un cambio en la adaptación de los sujetos.

Si se comparan estos valores con otros estudios similares, son menores hasta 3,0 °C; lo que indica una afectación la tasa metabólica de los sujetos, una adaptación a las condiciones transitorias reforzada por la periodicidad y consistencia de las actividades de los individuos, su conducta reactiva, experiencia y expectativa, sumado al aumento de los estímulos o la disminución de la variable meteorológica. Lo anterior coincide con Humphreys y Nicol, (2002), Nikolopoulou y Steemers (2003), Mondelo et al. (2013).



a) TT1



b) TT2

Fuente: Elaboración propia

Figura 48.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de bulbo seco para temporadas de transición.

4.2.2.- Sensación térmica por efecto de la Humedad Relativa

Para el efecto de la humedad relativa **en la Temporada de transición 1**, las encuestas examinadas fueron 323, con un total de 160 mujeres, 163 hombres, las respuestas dadas por los usuarios fueron desde algo de frío -3- a mucho calor -7- (Tabla 42).

Tabla 42.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de humedad relativa en temporada transición 1.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	28	9%
6	Calor	66	20%
5	Algo de calor	84	26%
4	Ni calor ni frío	105	33%
3	Algo de frío	40	12%

Fuente: Elaboración propia.

Presentó una diferencia entre los VST de 5 %, se observó un nivel de tolerancia aceptable a la HR deducido en base al comportamiento de todas las observaciones (Figura 49a); con lo que se reafirma que es beneficiosa para establecer estadías de confort (disminución de la incomodidad térmica entre mayor sean los valores de la variable).

Las líneas de la regresión lineal de ± 1 y ± 2 DE son visualmente paralelas, lo que indica un grado de adaptación similar entre cada uno de los votos obtenidos; lo anterior reafirma una afectación similar de la variable en cada uno de los niveles de ST; esto demuestra que el aumento de la HR son favorables y sus efectos son similares para cada una de las respuestas, que se vio reflejado en la distribución de las observaciones para cada uno de los VST, (Figura 49a).

El comportamiento de los sujetos tendió a una adaptación y aclimatación en rangos que variaban entre los 34% de HR, que prácticamente se establece en el 95% de la población estudiada, además de lo anterior, el resultado de la HR N fue de 28,5 % para esta temporada.

Para la **Temporada de transición 2** se analizaron 293 observaciones de las cuales 135 fueron de mujeres y 138 fueron de hombres; con un 30% de respuestas de confort (Tabla 43). En este periodo presentó un aumento de 2 % entre cada una de los votos de sensación térmica (Figura 49b) y se observó que la tolerancia se redujo por la disminución de la temperatura de bulbo seco; al observar la distribución de las respuestas en la gráfica se mira una adaptación a la HR por parte de la población al igual que el periodo de transición anterior, y el efecto de la humedad relativa fomenta la disminución del discomfort de los usuarios.

Tabla 43.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de humedad relativa en temporada de transición 2.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
6	Calor	34	12%
5	Algo de calor	77	26%
4	Ni calor ni frío	87	30%
3	Algo de frío	83	28%
2	Frío	12	4%

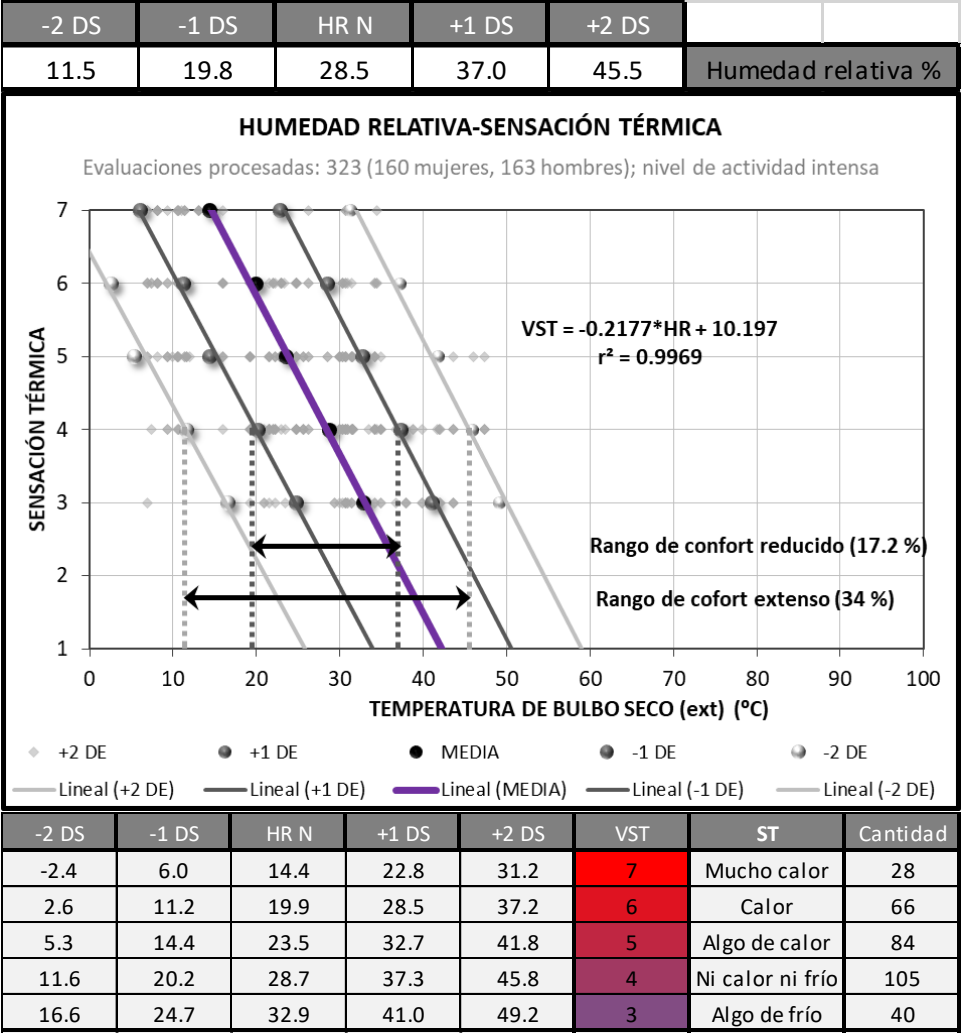
Fuente: Elaboración propia.

Las líneas de la regresión lineal de ± 1 y ± 2 DE son paralelas entre sí, esto indica una adaptación similar entre los votos de sensación térmica, pero con tendencia a divergir en la respuesta de mucho calor – 7 - ; esto demuestra una afectación similar de la variable en cada uno de los niveles de ST y baja tolerancia a valores mínimos entre mayor sea el discomfort de los usuarios; lo que indica que en los individuos que cuentan con una tasa metabólica intensa, el aumento de la HR es favorable en su estabilización térmica, (Figura 49b).

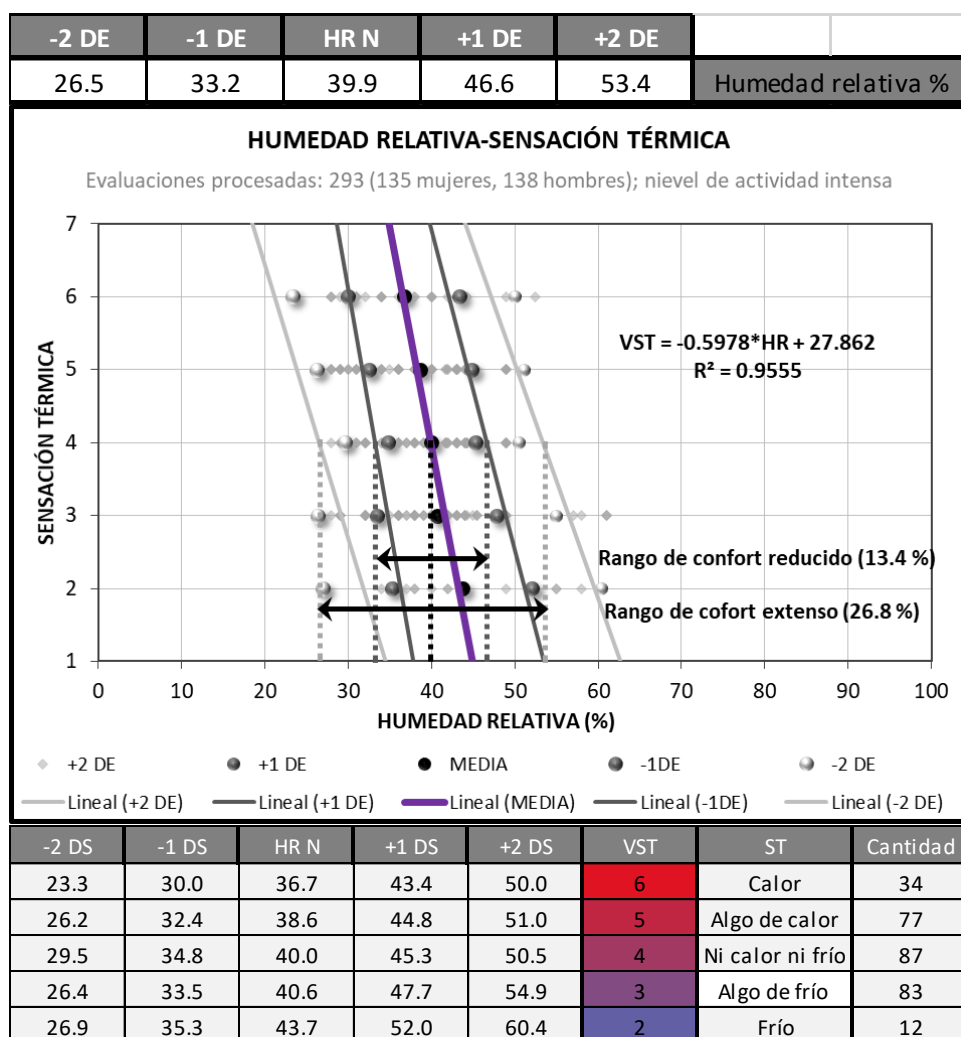
La Humedad relativa neutral establecida por medio del análisis fue de 39,9 %, mientras que los rangos de tolerancia a esta variable se establecían entre 13,7% en el reducido y 26,8% para el rango extenso.

Para **ambas temporadas** el rango amplio afecta la tolerancia de los sujetos menos adaptados a la humedad relativa, mientras que el rango reducido establece que el 68% de la población tolera las condiciones de humedad del periodo; en comparación con las temporadas que le preceden, la amplitud en estas es mayor; además, los valores neutrales de ambas son dispares, en hasta 11% aproximadamente, lo que indica una adaptación de los sujetos a la variable, con lo que se fuerza el proceso de adaptación de los mismos; además, se puede el efecto de la tasa metabólica generan estímulos favorables de la humedad relativa en el proceso de sensación térmica.

En general si se comparan los datos aquí mostrados con los resultados obtenidos por Bojórquez (2010) Noguchi y Givoni (1997) y Humphreys y Nicol (2002), donde el comportamiento de los tendían a una adaptación y aclimatación en rangos que variaban entre los 20% y los 44% de HR que afectaban a la sensación de mucho calor, en el estudio aquí descrito ese rango disminuye entre los 13 % a los 34% por el efecto de la tasa metabólica y los niveles de arropamiento de los usuarios que realizan actividades intensas.



a) TT1



b) TT2

Fuente: Elaboración propia

Figura 49.- Análisis de confort térmico por efecto de humedad relativa para temporadas de transición

4.2.3.- Sensación térmica por efecto de la Velocidad de Viento

La velocidad de viento en **la temporada de transición 1** tuvo 317 observaciones, de las cuales 160 fueron hombres y 157 mujeres, en los mismos horarios de aplicación que variaban entre 6:00 a 10:00 h de la mañana y de las 17:30 a las 20:30 h de la tarde-noche.

El efecto del viento dio un aumento promedio de 0,20 m/s aproximadamente entre cada intervalo de respuesta de sensación térmica que va desde algo de frío - 3 - hasta mucho calor - 7 - (Tabla 44); presentó un aumento en la sensación térmica de calor conforme aumentó la VV; además, se observó que las líneas de regresión de $\pm 1DS$ y $\pm 2DE$ tuvieron una tendencia convergente a la línea de regresión media al acercarse a la respuesta de algo de frío - 3 -, y divergentes hacia la

sensación de mucho calor - 7 -, lo que indica que el estímulo de la VV es desfavorable para la estadía de neutralidad térmica de los individuos, por el efecto convectivo del viento sobre los procesos fisiológicos de los sujetos.

Tabla 44.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de velocidad de viento en temporada de transición 1.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	37	12%
6	Calor	75	24%
5	Algo de calor	82	26%
4	Ni calor ni frío	89	28%
3	Algo de frío	34	11%

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvieron rangos de 1.2 m/s el reducido y 1.8 m/s el extenso (Figura 50a); la diferencia se da por el grado de tolerancia a las condiciones de la temporada, el primero indica una adaptación favorable del 68% de los sujetos, y segundo el del 27% restante; además de lo anterior se tiene que la velocidad de viento óptima (VV N) para los usuarios que realizan actividades intensas es de 0,60 m/s.

En el análisis de **la temporada de transición 2** se trabajó con un total de 275 observaciones de 333 recabadas; de éstas, 140 fueron mujeres y 135 hombres; del total de encuestas procesadas un 31% de votos fueron para la estadía de neutralidad (Tabla 45).

Tabla 45.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de velocidad de viento en temporada de transición 2.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
6	Calor	34	12%
5	Algo de calor	78	28%
4	Ni calor ni frío	84	31%
3	Algo de frío	79	29%

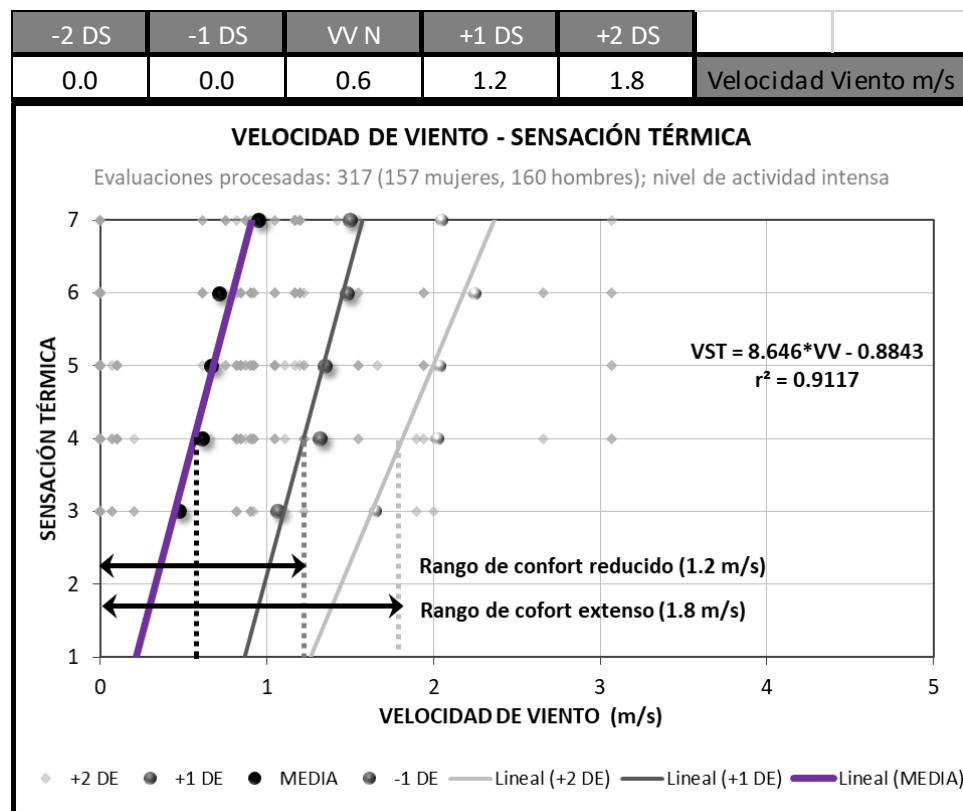
Fuente: Elaboración propia.

El efecto de la velocidad de viento disminuyó en promedio de 0,10 m/s entre cada intervalo de respuesta de sensación térmica que va desde frío -2- hasta algo de calor -6- (Figura 50b); al contrario de la temporada de transición 1, ésta presentó un decremento en la sensación térmica de calor conforme aumentó la VV. Además, se observó que las líneas de regresión de $\pm 1DE$ y $\pm 2DE$ tuvieron una tendencia convergente a la línea de regresión media al acercarse a la respuesta de mucho calor (7), y divergentes hacia la sensación de algo de frío (3), esto por el efecto

convectivo del viento que está a una temperatura menor a la temperatura del cuerpo; con esto, entre más se acerquen los sujetos al estado de confort, la VV perturbará a los individuos de manera que la sensación seguirá una tendencia hacia la ST de mucho frío -1- .

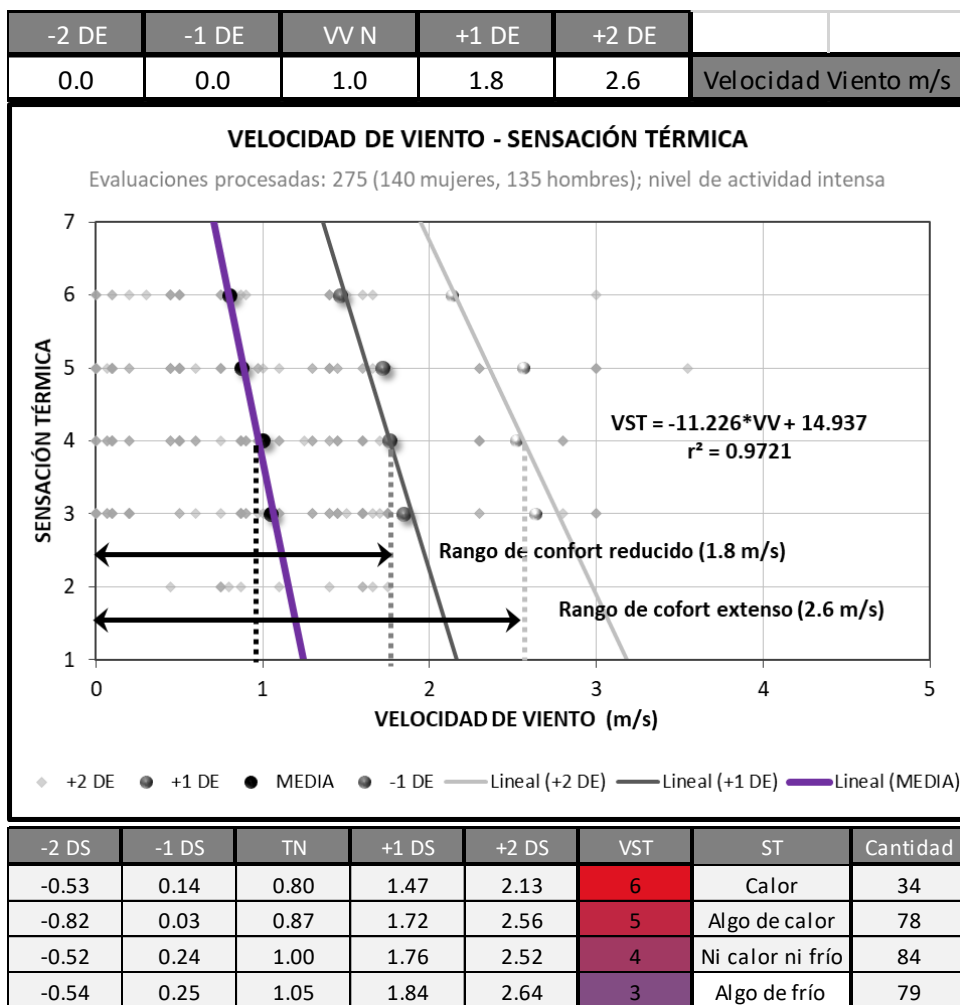
El valor neutral (VV N) fue de 1,0 m/s; los rangos obtenidos fueron de 1,80 m/s y 2,60 m/s (reducido y extenso respectivamente) (Figura 48b) con lo anterior se infiere que, el efecto del calor generado por el cuerpo y los cambios de temperaturas en el ambiente, produce una adaptación a la temporada y con esto un aumento en las VV toleradas para lograr una neutralidad térmica de los sujetos.

En lo general, se apreció un comportamiento diferente de los efectos del viento para cada una de las temporadas; mientras que en la TT1 el estímulo del viento es adverso para la sensación térmica, en la TT2 el efecto de VV mayores es favorable para lograr una sensación de confort, lo que se aprecia al comparar las medias de los dos valores neutrales (VV N) que difieren en 0,40 m/s; lo anterior concuerda con Fanger (1972) que menciona el efecto de calentamiento o enfriamiento convectivo por la temperatura del viento, produce esta condición favorable o desfavorable sobre el cuerpo humano.



-2 DS	-1 DS	VV N	+1 DS	+2 DS	VST	ST	Cantidad
-0.14	0.40	0.95	1.50	2.04	7	Mucho calor	37
-0.82	-0.06	0.71	1.48	2.24	6	Calor	75
-0.71	-0.02	0.66	1.35	2.03	5	Algo de calor	82
-0.80	-0.10	0.61	1.32	2.02	4	Ni calor ni frío	89
-0.70	-0.12	0.47	1.06	1.65	3	Algo de frío	34

a) TT1



b) TT2

Fuente: Elaboración propia

Figura 50.- Análisis de confort térmico por efecto de velocidad de viento para temporadas de transición

4.2.4.- Sensación térmica por Temperatura de Globo Gris

Para la temperatura de globo gris en **la temporada de transición 1** se analizaron 326 observaciones en total, 160 mujeres y 166 hombres, existe una diferencia de 10,0 °C entre la respuesta de algo de frío -3- y la de mucho calor -7- (Tabla 46), con una discrepancia de 3,0 °C en promedio entre cada voto de sensación térmica.

Tabla 46.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de globo gris en temporada de transición 1.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	33	10%
6	Calor	73	22%
5	Algo de calor	82	25%
4	Ni calor ni frío	101	31%
3	Algo de frío	37	11%

Fuente: Elaboración propia.

Las líneas de regresión se comportan visualmente paralelas, pero divergen mientras la respuesta de sensación térmica tendía a mucho calor al igual que la dispersión de las observaciones; esto indica una menor adaptación de los individuos y por ende una mayor afectación de esta variable en los mismos.

El valor neutral para la temporada (TGG N) fue de 24,3 °C, El rango extenso fue 20,2 °C lo cual se explica por la combinación de los efectos de la temperatura de bulbo seco y la radiación solar, aunado al color de la ropa de los sujetos (Figura 51a).

Para el rango reducido fue 10,0 °C, que establece que un 68% de la población aceptará la condición de esta oscilación de temperaturas como aceptables para alcanzar su estado de confort. lo que da una amplitud de condiciones de adaptación térmica debido a las actividades y niveles de arropamiento de los mismos, en comparación con los de la TBS.

El análisis de **la temporada de transición 2** se realizó con un total de 279 observaciones de estas 139 fueron de mujeres y 140 hombres; los votos recabados de confort fueron de un 30% , existe una diferencia de 1,70 °C entre la respuesta de frío -2- y la de algo de calor -6- con un contraste de 0,5 °C en promedio entre cada VST.

Tabla 47.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temporada de globo gris en temporada de transición 2.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
6	Calor	27	10%
5	Algo de calor	74	27%
4	Ni calor ni frío	84	30%
3	Algo de frío	77	28%
2	Frío	17	6%

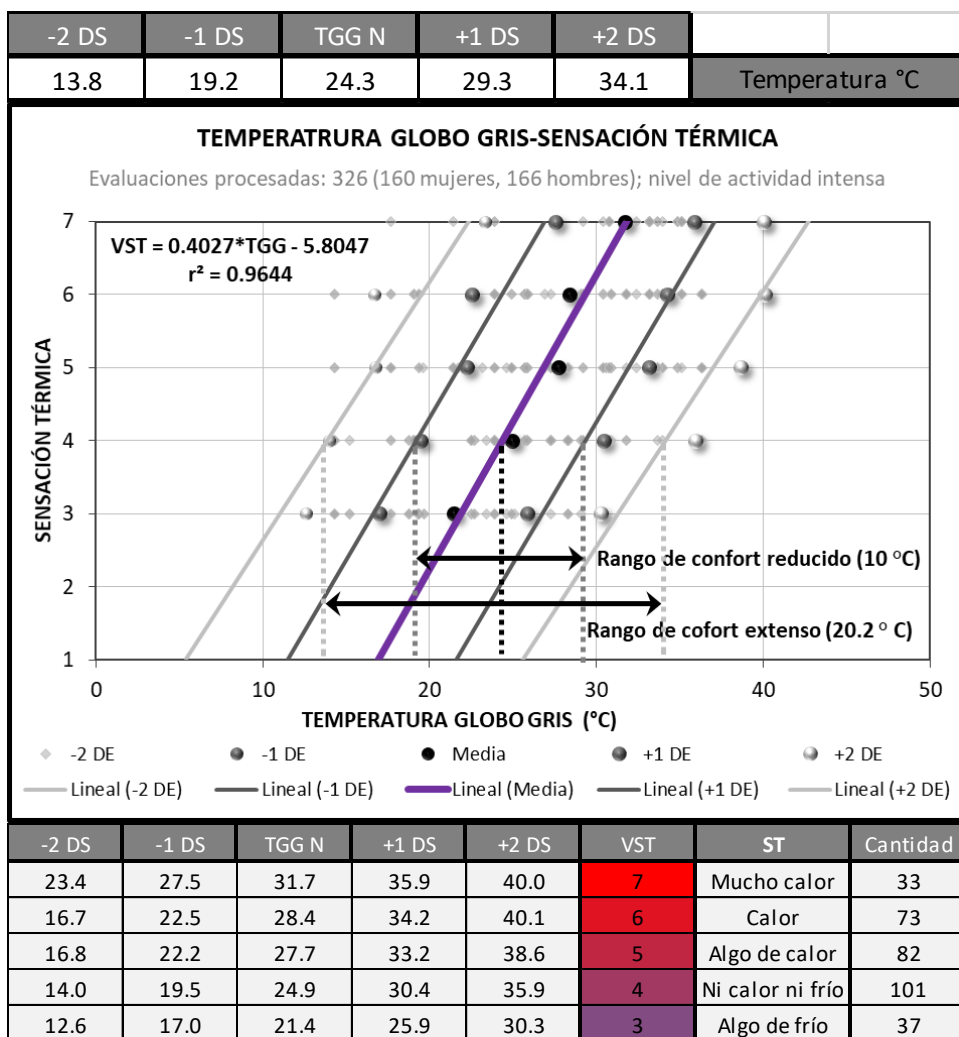
Fuente: Elaboración propia.

Las líneas de regresión lineal divergen a la de la media, mientras ésta se aproxima a la sensación de mucho calor; lo que indica menor adaptación y por ende una mayor afectación de esta variable en los sujetos, lo que demuestra que el aumento de la TGG afecta de manera desfavorable a la sensación térmica de los sujetos.

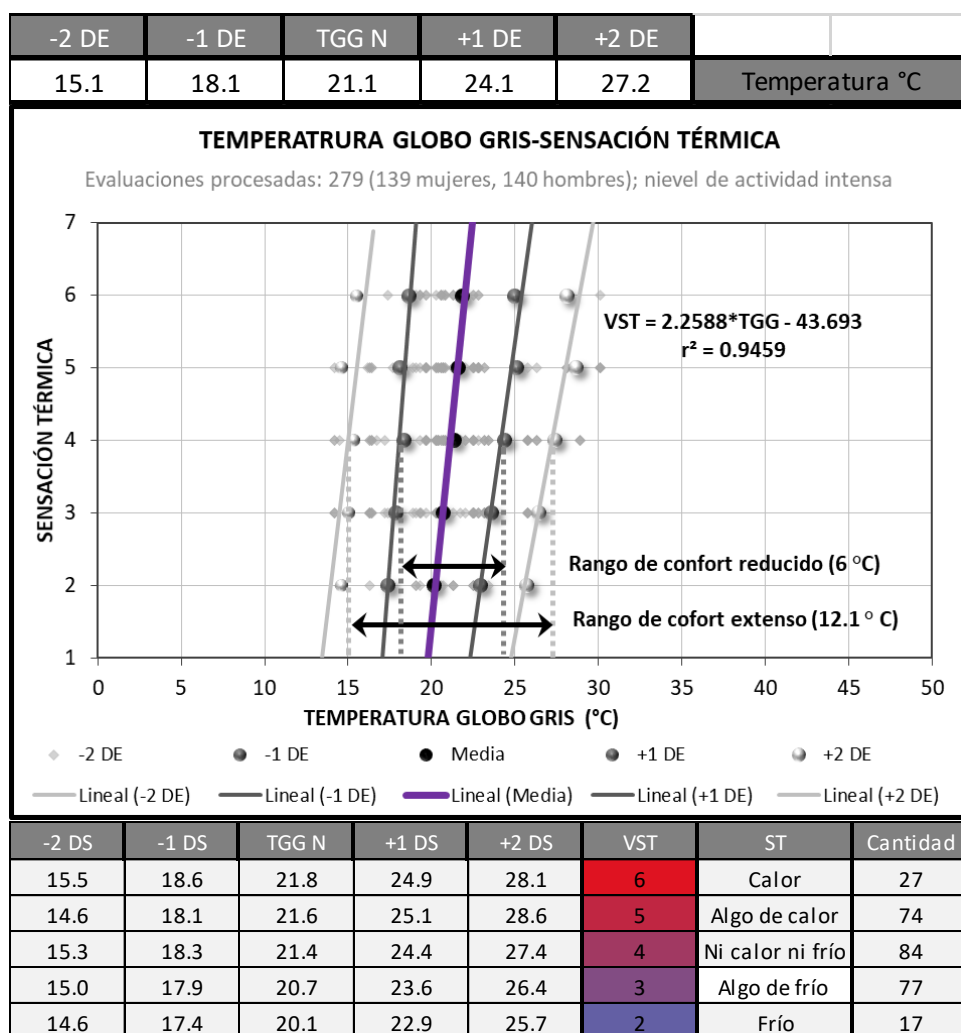
El valor neutral para la temporada (TGG N) fue de 21,1 °C, el rango extenso de confort fue 12,1 °C, se esperaría que fuera similar al de la temporada transitoria marzo-abril por ser lapsos de transición, pero el valor de este es menor en 8,0 °C; lo cual se explica por la combinación del descenso de la temperatura de bulbo seco, la adaptación de los sujetos a temperaturas extremas en el periodo cálido y el arropamiento de estos (Figura 51b).

Para el rango reducido el valor fue 6,0 °C, y al igual que la TT1 tiene una disminución en las condiciones de adaptación térmica debido a que los procesos de aclimatación fisiológica de una temporada cálida a la temporada fría se dan de manera paulatina, mientras que los cambios en las variables meteorológicas son de manera más rápida; además los niveles de arropamiento son mayores, combinado con la producción de calor y la tasa metabólica, disminuye la tolerancia de las personas.

Las dos temporadas se comportan similar, sólo con una diferencia de 3,0 °C entre las dos temperaturas de neutralidad; los rangos de tolerancia de la población son parecidos, por lo que se consideró un efecto similar de esta variable para ambos periodos; según lo expresado por Kim y Jeong (2002), Nikolopoulou (2004) y Bojórquez (2010), los estímulos de ésta se acentúan por el área de piel expuesta y el nivel de arropamiento, lo que se refuerza con los datos encontrados en el análisis y representados con la disminución de la temperatura de confort; el paralelismo de las líneas de regresión indica una adaptación similar de los sujetos en los diversos VST, lo que muestra que la variable tiene una misma afectación para cada uno de estos. (Figura 51b).



a) TT1



b) TT2

Fuente: Elaboración propia

Figura 51.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de globo gris para temporadas de transición

4.2.5.- Sensación térmica por efecto de la Radiación Solar

Para el periodo de transición marzo-abril se analizaron un total de 311 observaciones de las cuales 157 son mujeres y 154 hombres; en el mismo periodo se tenían datos con valores de 0 W/m^2 , ya que algunas de las observaciones se realizaron en ausencia de radiación solar, lo que dificultó el desarrollo del análisis por los resultados que arrojaban valores negativos e impedía determinar de manera certera las conjeturas que se establecieron posteriormente, los VST que se tuvieron en ésta fue desde algo de frío -3- a mucho calor -7- (Tabla 48).

Tabla 48.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de radiación solar en temporada de transición 1.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	33	11%
6	Calor	63	20%
5	Algo de calor	77	25%
4	Ni calor ni frío	100	32%
3	Algo de frío	38	12%

Fuente: Elaboración propia.

Las líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE tienen un comportamiento divergente hacia la de la media, lo que indica que en estos casos encuentran el estímulo de la radiación desfavorable para establecer las condiciones de confort para esta temporada (Figura 52a).

Además de lo anterior, el grado de arropamiento de los individuos, color de las prendas y área de piel expuesta, puede incitar el decremento o aumento del efecto de la Radiación Solar. La convergencia y agrupamiento de las observaciones hacia las respuestas de frío se debe posiblemente a una perturbación mayor de la RS a la estadía de confort, y afectar los procesos de la sensación térmica.

La radiación optima (RS N) fue de 208 W/m², los rangos de confort se establecieron según lo analizado en 607 W/m² y 408 W/ m² para el extenso y reducido respectivamente; con esto se puede inferir que la población se encuentra adaptada para la temporada de sensación térmica a valores moderados de radiación solar, lo que es sobrepasado por las mediciones que oscilan hasta los 1200,0 W/m².

En el periodo de transición octubre-noviembre se analizaron un total de 292 observaciones totales, de las cuales 145 fueron mujeres y 147 hombres; al igual que la temporada anterior, se tuvieron valores de 0 W/m² por ser encuestas nocturnas; del total de todas las respuestas un 31% que se encontraban en confort térmico -4-; el voto de ST en esta temporada fue de frío -3- a calor -6- (Tabla 49).

Tabla 49.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de radiación solar en temporada de transición 2.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
6	Calor	31	11%
5	Algo de calor	74	25%
4	Ni calor ni frío	86	29%
3	Algo de frío	83	28%
2	Frío	18	6%

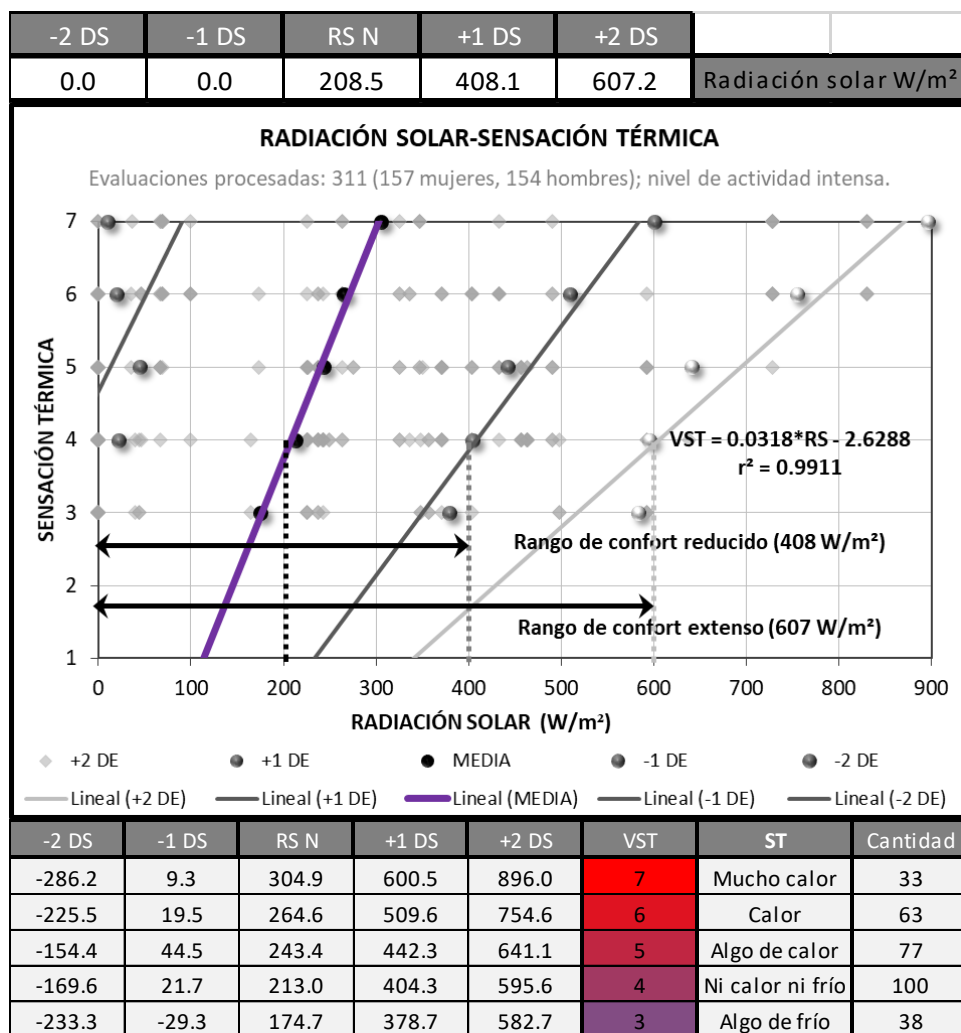
Fuente: Elaboración propia.

Se observó que líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE tienen un comportamiento divergente de la línea de la media hacia la respuesta de algo de calor -6-, lo que indica que el estímulo de la radiación es desfavorable para establecer las condiciones de confort en esta temporada; por lo que, al aumentar la RS, la respuesta o el voto de confort de los sujetos será tendiente al VST de calor -6- (Figura 52b).

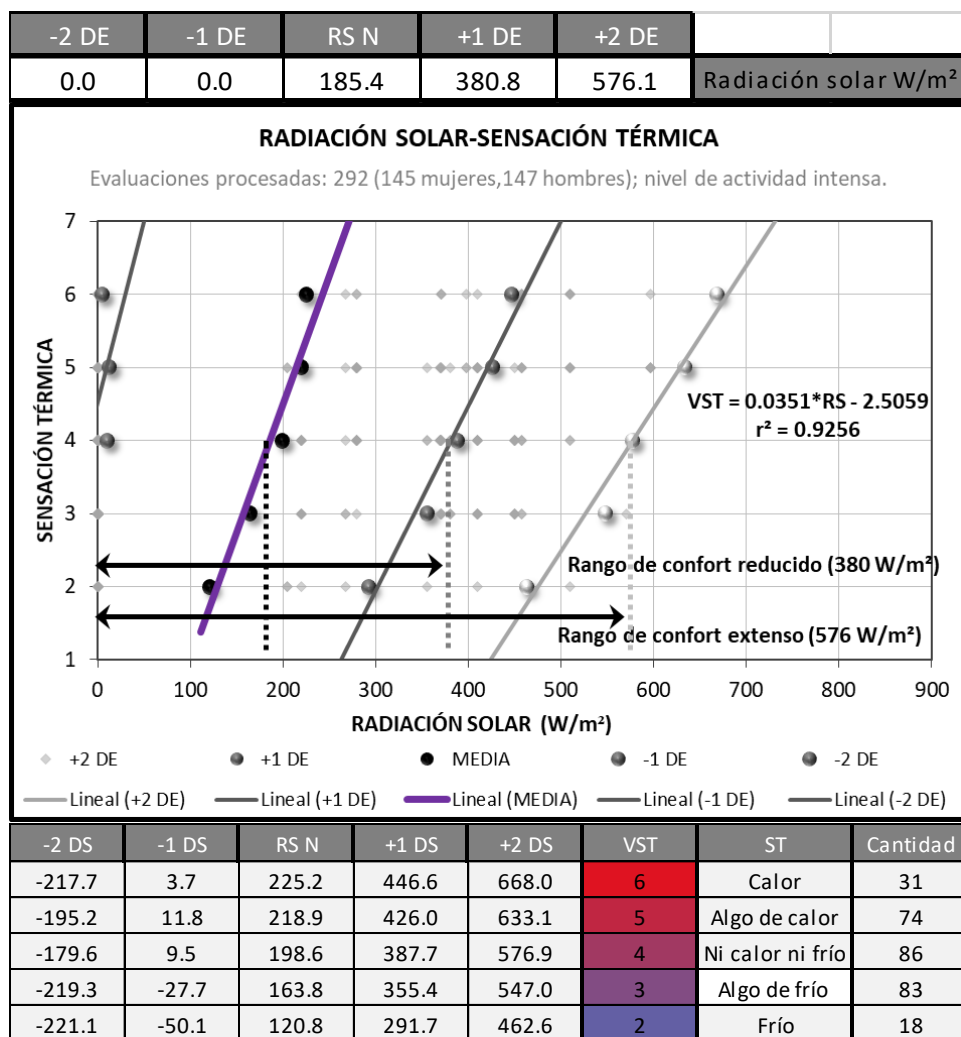
Para esta temporada se observó que existió un incremento en el nivel de arropamiento entre 0,5-0,6 clo, y una disminución del área de piel expuesta, dado por las disminuciones de la TBS, con lo que existió un aumento del estímulo de la RS, generado por la ganancia de temperatura.

Se obtuvo una radiación optima (RS N) de 185 W/m², los rangos de confort se establecieron según lo analizado en 576 W/m² y 380 W/m² para el extenso y reducido respectivamente; con esto se puede inferir que la población se encuentra adaptada a valores moderados de radiación solar.

Se puede observar que la variable analizada se comporta similar en ambas temporadas, pues la radiación neutral entre los dos sólo tiene una diferencia de 23 W/m², los rangos obtenidos también tienen una diferencia de aproximadamente 30 W/m²; con lo que se infiere que los sujetos están en proceso de adaptación entre las temporadas frías y cálidas, por tal motivo la generación de calor por la realización de la actividad deportiva, el arropamiento y el área de piel expuesta tiene un papel preponderante en la percepción de esta variable, ,posibilitando una sobrestimación de esta variable en al ST.



a) TT1



b) TT2

Fuente: Elaboración propia

Figura 52.- Análisis de confort térmico por efecto de radiación solar para periodos de transición

4.2.6.- Sensación térmica por Temperatura Radiante Media

El efecto de la TrM para **el periodo de transición 1**, se estableció mediante el análisis de 317 observaciones de las cuales 160 fueron mujeres y 157 hombres; las repuestas que se tuvieron fueron algo de frío -3- a mucho calor -7-, de las cuales la de ni calor ni frío -4- obtuvo un total de 28% de los votos totales (Tabla 50).

Tabla 50.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura radiante media en temporada de transición 1.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	37	12%
6	Calor	74	23%
5	Algo de calor	76	24%
4	Ni calor ni frío	90	28%
3	Algo de frío	40	13%

Fuente: Elaboración propia.

Se observó un comportamiento estable de las respuestas lo que indica afectación similar de la variable en los diferentes VST; se observó cierta convergencia de las observaciones hacia la sensación de “mucho calor”, lo que demuestra que los sujetos aun encontrándose acondicionados a valores elevados de esta variable por la periodicidad de sus exposiciones a tales condiciones, estos sobrepasaron los límites tanto de aclimatación fisiológica como de adaptación psicológica, lo que provocaba su incomodidad térmica (Figura 53a).

Lo anterior se refuerza al observar las líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE que divergen de la media, con lo que se infiere que entre más aumente el valor de la variable, esta afectará directamente al proceso de sensación térmica en el periodo analizado.

El valor neutral encontrado (TrM N) fue de 32,2 °C; la divergencia de las líneas de regresión sobre la media tendientes al VST - de mucho calor – 7, indica el efecto que tiene la temperatura radiante media en el aumento del discomfort de los usuarios, y la disminución de la tolerancia a la misma. Se puede observar una escalada en el voto de sensación térmica en promedio de 2,50 °C; los rangos de confort están entre 27,7 y 54,7 °C reducido y extenso respectivamente.

En **el periodo de transición 2** las observaciones totales analizadas fueron de 277, de estas fueron 140 fueron mujeres y 170 hombres; el resultado del análisis reforzó la conjetura sobre el efecto de esta variable tiene un efecto importante sobre la sensación térmica.

El comportamiento de las observaciones se distribuyen visualmente iguales entre las respuestas de frío - 2 - y calor - 6 -, (Tabla 51) lo que demuestra que los estímulos de la variable son similares en cada VST; se muestra una divergencia a la sensación de “mucho calor”, lo anterior refuerza que los sujetos aun encontrándose adaptados a tales características por la periodicidad de sus exposiciones a tales condiciones, estos sobrepasaron los límites tanto de aclimatación

fisiológica como de adaptación psicológica, lo que provocaba su incomodidad térmica (Figura 53b).

Tabla 51.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura radiante media en temporada de transición 2.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
6	Calor	33	12%
5	Algo de calor	71	26%
4	Ni calor ni frío	81	29%
3	Algo de frío	73	27%
2	Frío	17	6%

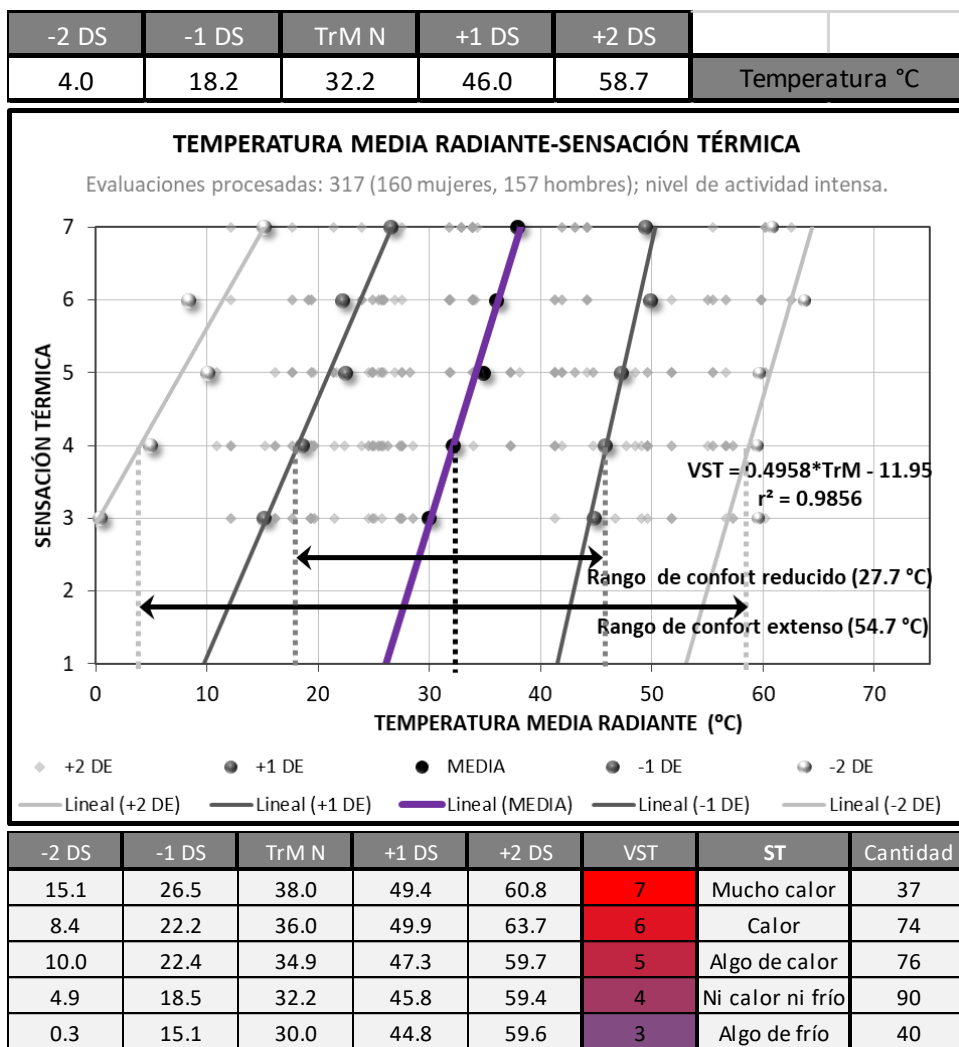
Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior se refuerza al observar las líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE que divergen de la media entre más aumente la sensación térmica, con lo que se infiere que entre más aumente la temperatura radiante media afectará directamente al proceso de sensación térmica.

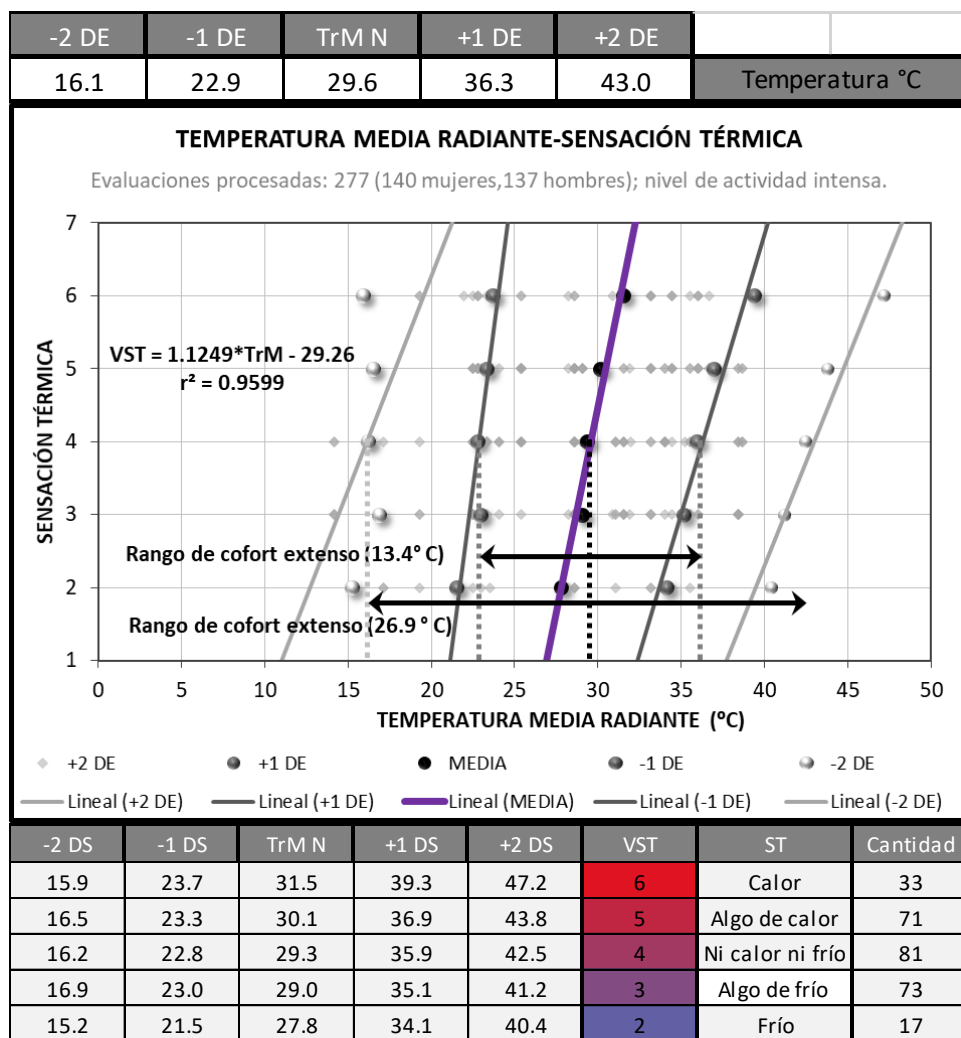
El valor neutral encontrado para la TrM fue de 29,6 °C; en este caso, se puede observar que tiene una escalada en el voto de sensación térmica en promedio de 1,0 °C; los rangos reducido y extenso de confort están entre 13,4 y 26,9 °C ; lo que implica que un 68% de la población que se encuentra adaptada a las condiciones de TrM de rango reducido, mientras que al 27 % restante de la población le afecta y tolera menos los estímulos de esta variable.

Se obtuvieron valores similares tanto de la temperatura neutral, para la TT1 fue de 32,2°C mientras que para la TT2 fue de 26,6 °C; mientras que los rangos reducidos y extensos si tuvieron algunas discrepancias considerables 14 y 27 °C respectivamente; esto se genera, por ser temporadas transitivas donde los procesos fisiológicos de adaptación se ven rebasados por el cambio de las condiciones meteorologías, además de eso, el calor generado por los sujetos al momento de realizar sus actividades es un factor determinante en su estimación en los procesos de ST.

Al comparar esto con el estudio de Marques-Marques-Monteiro (2008) y estudios del índice UTCI (*Universal Thermal Climate Index*) (Jendritzky, 2012; Blazejczyk, 2014) ambos coinciden en el comportamiento térmico de los sujetos con respecto a esta variable donde mencionan que la TrM tiene una afectación considerable dentro de la ST, y tiene que ser tomada en cuenta como una variable importante dentro del proceso de la percepción térmica; lo que queda reafirmado en el análisis realizado para este periodo.



a) TT1



b) TT2

Fuente: Elaboración propia

Figura 53.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura radiante media para periodos de transición.

4.3.- TEMPORADA CÁLIDA MAYO-SEPTIEMBRE 2017

La temporada de sensación térmica cálida abarca los meses de mayo a septiembre; los días seleccionados para el trabajo en campo fueron del 6 de agosto del 2017 al 26 de agosto del 2017; y los horarios de aplicación correspondieron desde las 6:30 a las 22:30 horas; el total de observaciones obtenidas en el periodo fue de 332 encuestas. Del total de observaciones 162 fueron mujeres y 168 hombres.

La actividad predominante y su porcentaje de práctica por medio de los sujetos fueron: correr con un 10%, hacer ejercicio intenso (acondicionamiento físico) con un 49%, jugar fútbol con un 18%, básquetbol y voleibol con un 8 %, atletismo con un 8%, además de andar en bicicleta en ciertos casos con un 7%; durante la temporada se observó que la sensación térmica no presentó respuestas de frío; con mediciones meteorológicas en campo extremas (Tabla 52).

Tabla 52.- Valores climáticos extremos obtenidos en la temporada cálida, 6 de agosto de 2017 a 26 de agosto de 2017

Variable meteorológica	Valor mínimo registrado	Valor máximo registrado
Temperatura Bulbo Seco (TBS)	30,1 °C	40,1 °C
Humedad Relativa (HR)	13,6%	57%
Velocidad de Viento (VV)	0,00 m/s	2,90 m/s
Temperatura de Globo Gris (TGG)	29,8 °C	45,3 °C
Radiación Solar (RS)	0,00 W/m ²	623 W/m ²
Temperatura Radiante Media (TrM)	31,2 °C	97,6 °C

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.- Sensación térmica por Temperatura de Bulbo Seco

En el análisis de la TBS las respuestas de sensación térmica van desde ni calor ni frío - 4 - a mucho calor -7 -, la escala que más votos obtuvo fue calor (6) con un 39 % de las respuestas dadas (Tabla 53).

Tabla 53.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de temperatura de bulbo seco en temporada cálida.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	62	21%
6	Calor	117	39%
5	Algo de calor	86	29%
4	Ni calor, ni frío	36	12%

Fuente: Elaboración propia.

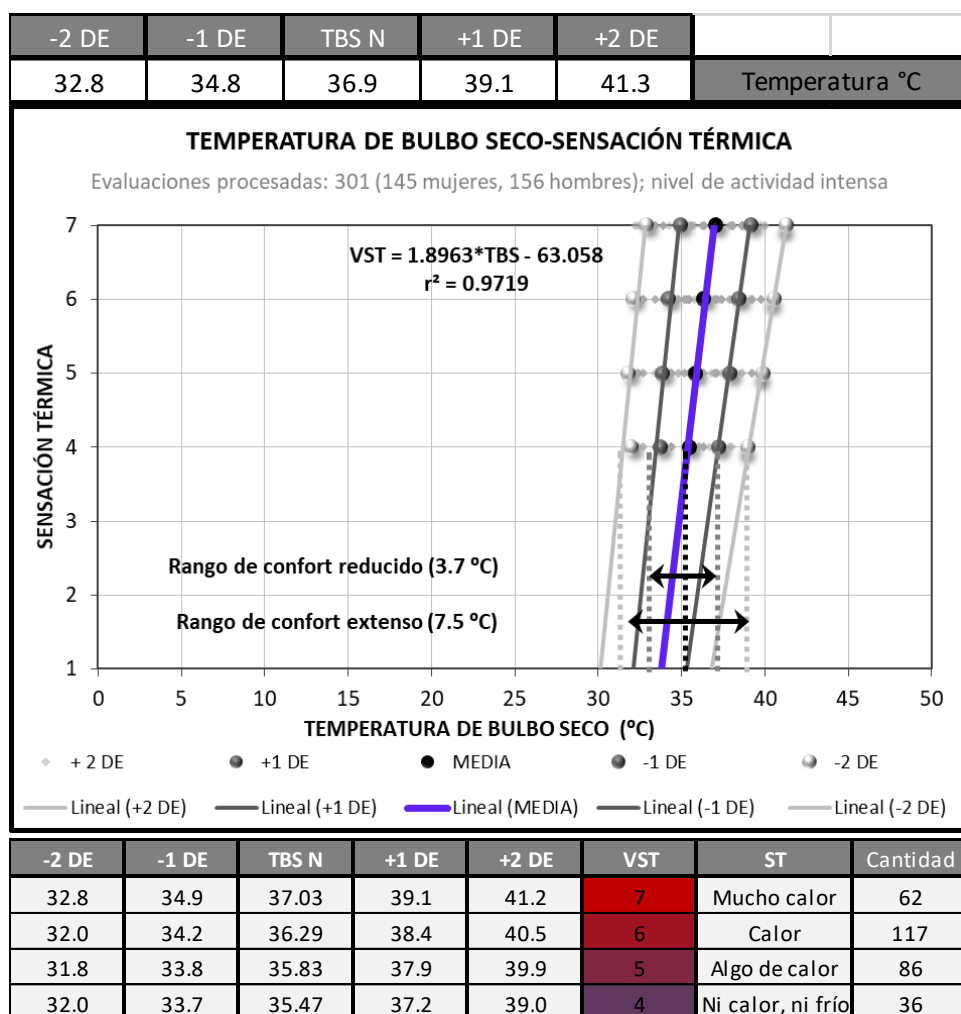
El comportamiento de las respuestas en ni calor ni frío - 4 - y algo de calor - 5 – fue homogéneo, lo que indica una adaptación de los sujetos a esas condiciones; a partir de éstas se muestra una divergencia que aumenta conforme se acercaba la sensación de “mucho calor”; lo anterior muestra que los procesos de adaptación y aclimatación fueron sobrepasados, aun los sujetos encontrándose acondicionados para tales características de temperaturas extremas, lo que provocaba incomodidad térmica. (Figura 54).

Las líneas de regresión tuvieron una tendencia visualmente paralela, tanto de las que representan ± 1 y ± 2 DE, con lo que se infiere una adaptación similar en todas las respuestas de sensación

térmica; Este comportamiento térmico de los sujetos reafirma que ser constante en las prácticas deportivas es un factor determinante en el proceso de aclimatación y adaptación a condiciones extremas.

La temperatura neutral (TBS N) fue 35,4 °C, con dos rangos el extenso con un valor máximo de 7,5 °C y el reducido de 3,7 °C, encontrándose la zona de confort entre los 31,5 a los 39 °C (Figura 50); la variabilidad en éstos se debió al calor generado por los sujetos y la actividad deportiva que realizaban, lo que implica una disminución de la tolerancia a los estímulos de temperatura de bulbo seco.

En comparación con otros estudios hay un aumento de la TBS N de 0,6 °C principalmente con lo desarrollado por Bojórquez (2010); además de lo anterior, las amplitudes de los rangos de confort encontrados son menores, lo que indica una afectación directa de la tasa metabólica de los sujetos, una adaptación a las condiciones, reforzada por la periodicidad y consistencia de actividades de los individuos, su conducta reactiva, experiencia y expectativa. Lo anterior coincide con Humphreys y Nicol, (2002), Nikolopoulou y Steemers (2003), Hedge (2008), Mondelo et al. (2013).



Fuente: Elaboración propia

Figura 54.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de bulbo seco para temporada cálida.

4.3.2.- Sensación térmica por efecto de la Humedad Relativa

El análisis de los datos se realizó con 281 observaciones, con un total de 141 mujeres y 140 hombres, las respuestas dadas por los sujetos fueron ni calor ni frío -4- a mucho calor -7- (Tabla 54).

Tabla 54.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de humedad relativa en temporada cálida.

VST	ST	Cantidad	Porcentaje
7	Mucho calor	51	18%
6	Calor	104	37%
5	Algo de calor	82	29%
4	Ni calor, ni frío	44	16%

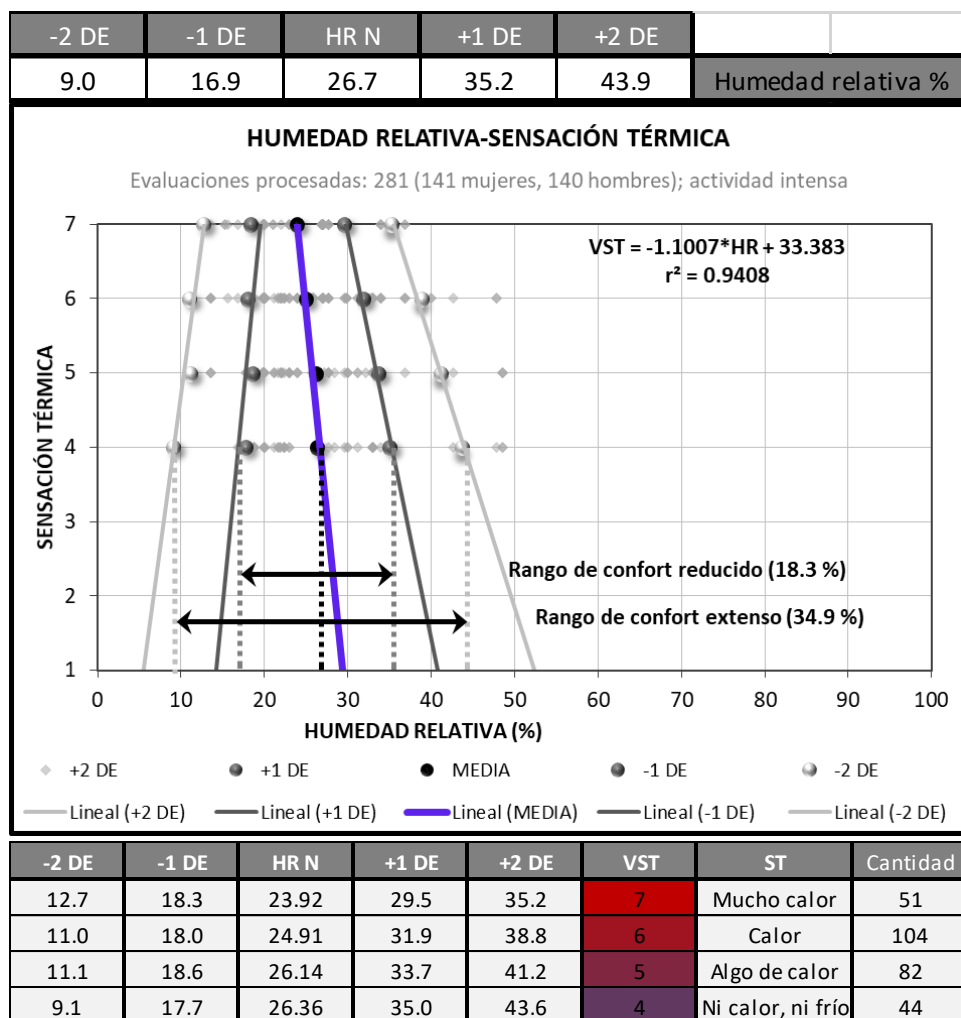
Fuente: Elaboración propia.

La se presentó una diferencia de 5,5% entre la sensación térmica de confort térmico a la de “mucho calor” -7-, (Figura 55), por tal motivo se consideró un nivel similar de adaptación en cada VST. La dispersión de las observaciones hacia la respuesta del VST - 7 -, indica una tolerancia baja a valores altos de HR mientras la ST aumente. Lo anterior indica que el ascenso de humedad relativa, provoca la disminución de la tolerancia a la misma; esto se debe al efecto conjunto de la variable con la acción convectiva del viento, siempre que esta no sobrepase los valores de neutralidad, anulando el efecto mismo de la evapotranspiración.

Las líneas de la regresión lineal convergen en las sensaciones de “mucho calor”, lo que indica disminución de la tolerancia a la humedad relativa, y divergen en el extremo de las respuestas – 4 – ni calor ni frío, que indicó que se soportan valores mayores de HR; en ambas circunstancias, la población encuestada se encuentra en el límite de las ± 1 DE; con esto se infiere que al realizar las actividades deportivas, mientras la tasa metabólica y la generación de calor del individuo aumenta, el efecto de la misma puede generar una disminución de la ST, mientras esta no se salga de los rangos de confort térmico.

En comparación con los resultados obtenidos por Bojórquez (2010), los cuales concuerdan con los de Noguchi y Givoni (1997) y Humphreys y Nicol (2002), el comportamiento de los sujetos tendía a una adaptación y aclimatación en una oscilación que variaba entre los 15% y los 35%, de HR afectaban a la sensación de mucho calor, en este estudio eso aumentó entre los 9% a los 50% de HR aproximadamente.

En cuanto a los rangos se tiene que el extenso fue de 34,9 % mientras que el reducido de 18,3% (Figura 55); con lo anterior se establece que el valor menor existe una sobreestimación del efecto de la humedad, que, en conjunción con los diversos cambios de velocidades propia de las actividades deportivas de los sujetos, afecta las condiciones de confort térmico; en cuanto al valor neutral de humedad relativa (HR N) fue 27,6 % al disminuir éste en comparación de otros estudios, lo que indica que la tolerancia es menor que en estado de reposo o actividades moderadas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 55.- Análisis de confort térmico por efecto de humedad relativa para temporada cálida.

4.3.3.- Sensación térmica por efecto de la Velocidad de Viento

Para este análisis se retomaron 323 observaciones con un total de 167 hombres y 155 mujeres; dio un aumento de 0,20 m/s entre cada intervalo de respuesta de sensación térmica que va desde ni calor, ni frío (4) hasta mucho calor (7) (Tabla 55).

Presentó un incremento en la sensación térmica conforme se incrementó la VV. Además, se observó que las líneas de regresión de $\pm 1DE$ y $\pm 2DE$ tuvieron una tendencia convergente a la de la media, conforme las respuestas de los sujetos tenían propensión al confort, y divergentes hacia la sensación de mucho calor, lo que indica una afectación directa de la variable en el aumento de la percepción térmica de “mucho calor” (Figura 52).

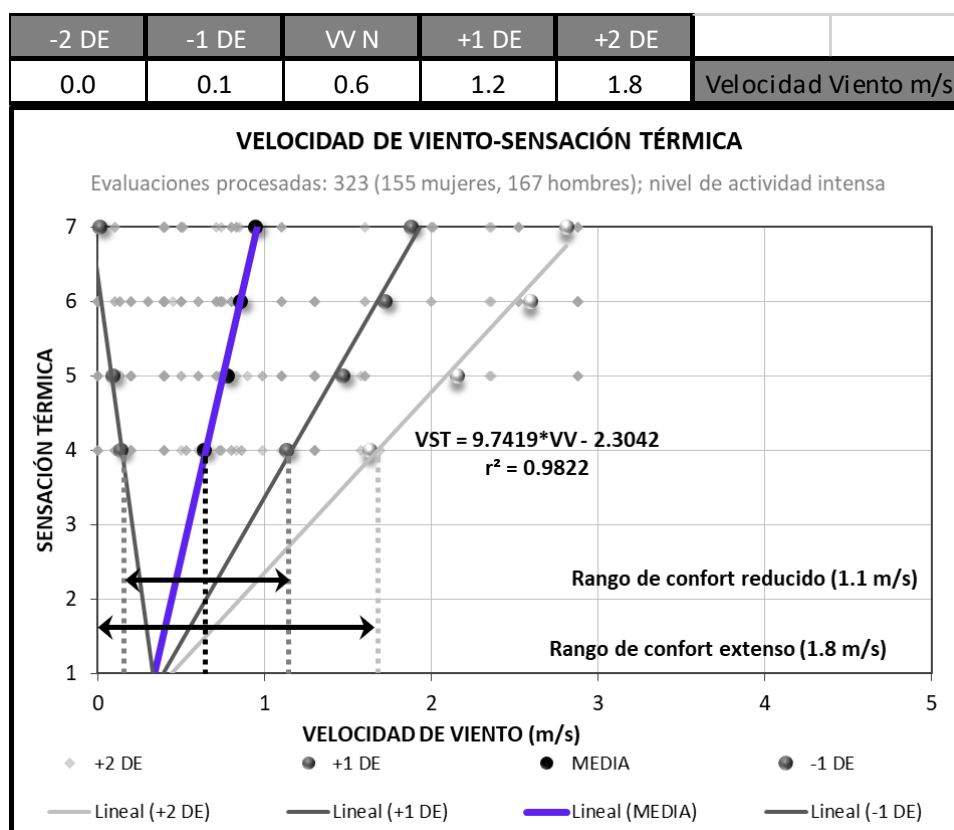
Tabla 55.- Porcentaje de votos de sensación térmica para análisis de velocidad de viento en temporada cálida.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	67	21%
6	Calor	120	37%
5	Algo de calor	91	28%
4	Ni calor, ni frío	45	14%

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior concuerda con lo estimado por Fanger (1972) y Hedge (2008) que mencionan el efecto de calentamiento convectivo por la temperatura del viento, puesto que este transporta calor del ambiente que se encuentra en esta temporada a magnitudes superiores a la temperatura interna del cuerpo de los sujetos (37,0 °C), y aún más, bajo las condiciones de TBS extremas produce la divergencia de las respuestas, poca adaptación y tolerancia térmica de las personas.

Los rangos obtenidos fueron de 1,10 m/s y 1.8 m/s (Figura 56); el valor neutral óptimo (VV N) fue de 0,60 m/s menor que la establecida en el trabajo de Bojórquez (2010), con todo el análisis realizado se puede inferir que entre mayor sean las velocidades de viento, el estímulo de este tiende a aumentar la incomodidad de los sujetos mediante el efecto convectivo de esta variable meteorológica sobre los cuerpos y los procesos de la percepción.



-2 DE	-1 DE	VV N	+1 DE	+2 DE	VST	ST	Cantidad
-0.92	0.01	0.94	1.88	2.81	7	Mucho calor	67
-0.89	-0.02	0.85	1.72	2.59	6	Calor	120
-0.60	0.09	0.77	1.46	2.15	5	Algo de calor	91
-0.36	0.14	0.63	1.13	1.63	4	Ni calor, ni frío	45

Fuente: Elaboración propia

Figura 56.- Análisis de confort térmico por efecto de velocidad de viento para temporada cálida.

4.3.4.- Sensación térmica por Temperatura de Globo Gris

El número de observaciones analizadas fueron 304 en total, 155 mujeres y 149 hombres, existe una diferencia de 0,40 °C entre la respuesta de confort -4- y la de mucho calor -6- (Figura 57); en lo que respecta al VST, el de calor - 6 -, es la que predomina con un porcentaje de 37% de las observaciones (Tabla 56); las líneas de regresión divergen mientras que el voto de sensación térmica tendía a mucho calor -7-, un efecto adverso de esta variable, lo que concuerda con lo expresado por Kim y Jeong (2002), Nikolopoulou (2004) y Bojórquez (2010).

Tabla 56.- Porcentaje de voto de sensación térmica para análisis de temperatura de globo gris en temporada cálida.

VST	ST	Cantidad	Porcentaje
7	Mucho calor	64	21%
6	Calor	113	37%
5	Algo de calor	80	26%
4	Ni calor, ni frío	47	15%

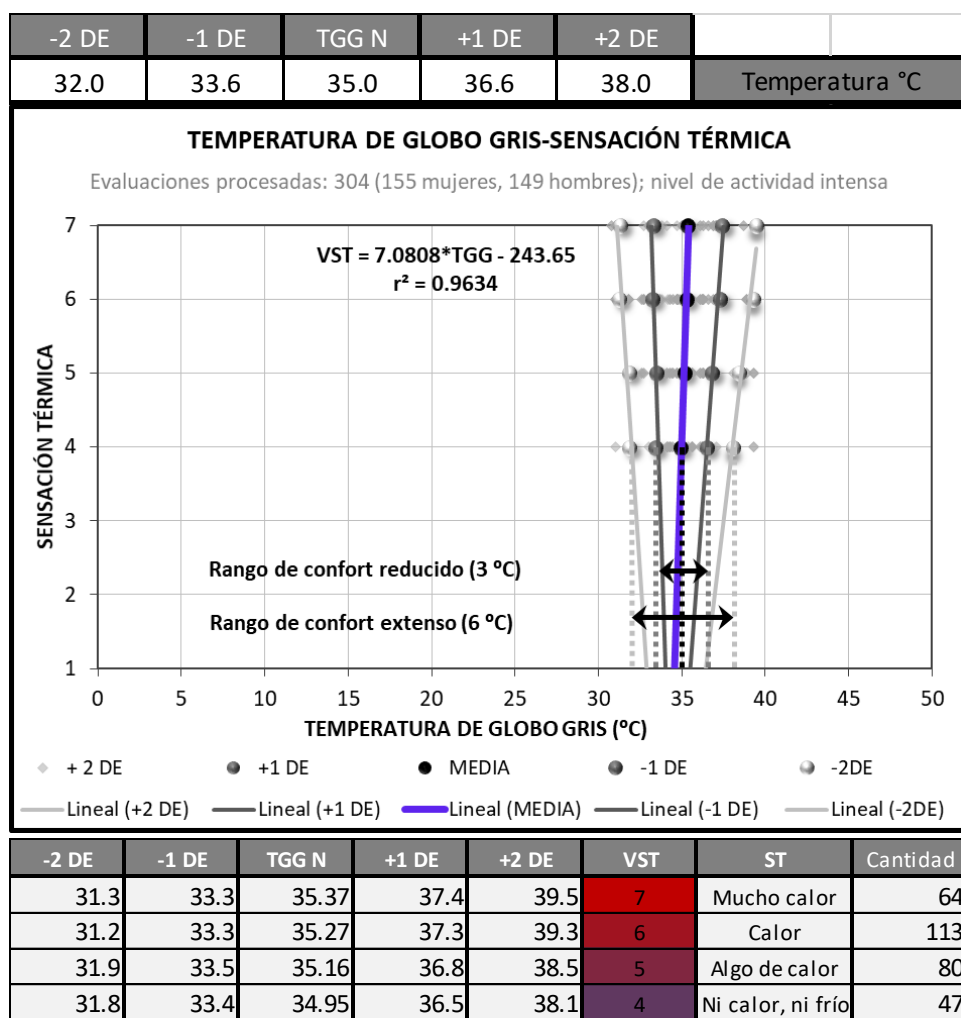
Fuente: Elaboración propia.

Esta afectación, según lo estipulado en investigaciones similares, se debe al área de piel expuesta y el nivel de arropamiento; la convergencia de las líneas de regresión indica una resistencia baja a los estímulos de la TGG, y el aumento del efecto de esta sobre la ST (Figura 57). el agrupamiento de las respuestas de manera compacta en el VST de ni calor ni frío se encuentran dentro de los rangos reducidos con un diferencial de 3 °C, lo cual reafirma lo estipulado disminución de la tolerancia e incremento de la ST.

El valor neutro (TGG N) fue de 35,0 °C muy similar a la TBS N; el rango extenso fue 6,0 °C, comportamiento que difiere al de la TBS; lo que se explica por la combinación de los efectos de la temperatura de bulbo seco y la radiación solar, aunado al color de la ropa de los sujetos.

En lo que respecta al rango reducido, fue 3,0 °C, esto demuestra que el efecto de la variable combinado con la adaptación del individuo y su tasa metabólica puede generar poca tolerancia y aumento de la ST, cuando la temperatura de globo gris aumenta. Con lo que se puede establecer

que el 68% de la población aceptará en un rango de $\pm 1,5$ °C a partir del valor neutral como aceptables para alcanzar su estado de confort en individuos que se encuentran habituados a la realización de actividades deportivas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 57.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura de globo gris para temporada cálida.

4.3.5.- Sensación térmica por Radiación Solar

Para el análisis de la RS se procesaron 309 encuestas, donde 152 fueron mujeres y 157 hombres; las respuestas dadas por los sujetos se encuentran entre los votos de ni calor ni frío -4- a mucho calor -7-, de las cuales la de calor -6- fue la que más votos tuvo (Tabla 57).

Tabla 57.- Porcentaje de votos de sensación térmica para el análisis de radiación solar en temprada cálida.

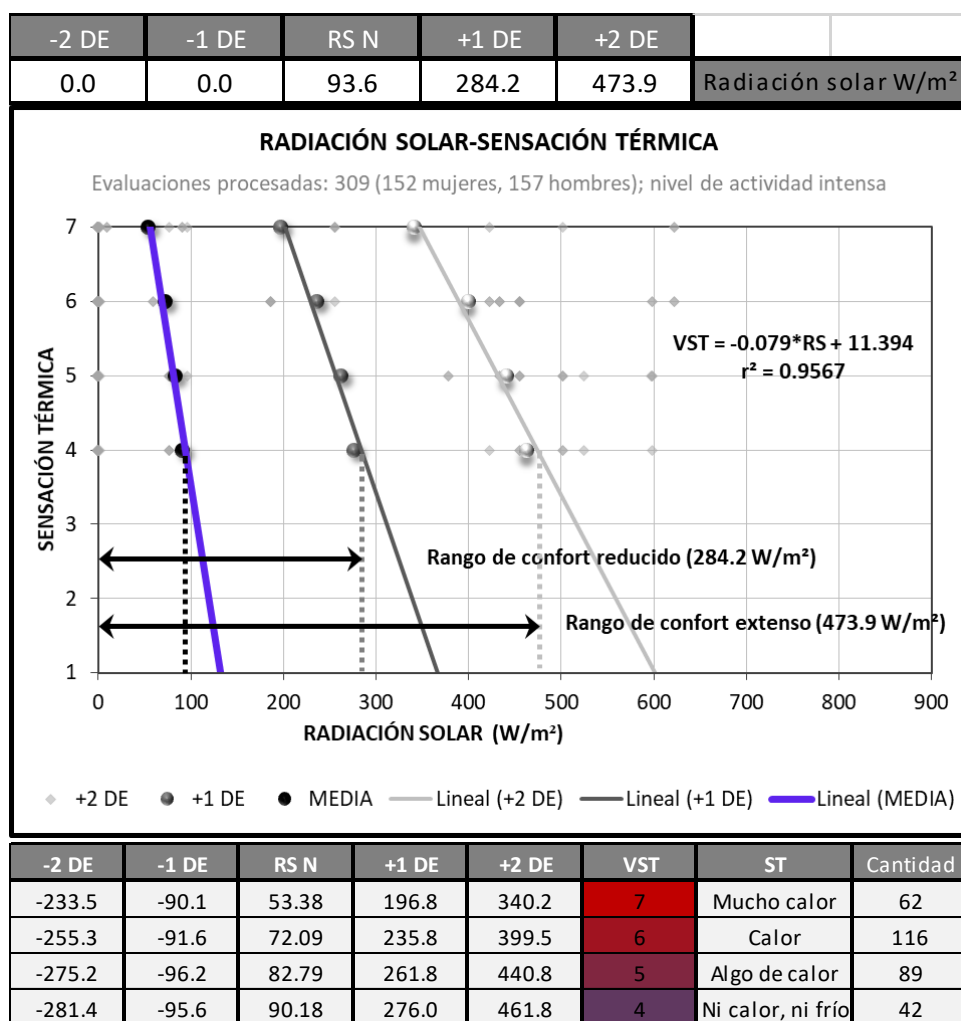
VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	62	20%
6	Calor	116	38%
5	Algo de calor	89	29%
4	Ni calor, ni frío	42	14%

Fuente: Elaboración propia.

Las líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE convergen hacia la línea de la media en la sensación de mucho calor, lo que indica que los individuos se encuentran poco adaptados a valores altos de radiación solar, y la línea de regresión negativa indica que los estímulos de ésta sobre la respuesta de mucho calor disminuye, al afectar en menor grado a los procesos de sensación térmica (Figura 58), además de lo anterior, el grado de arropamiento, el color de esta y área de piel expuesta de los individuos puede hacer un decremento o aumento del efecto de la Radiación Solar a la sensación térmica.

En el caso de la Radiación Solar el valor neutral (RS N) fue 93,6 W/m² y se tiene un rango de 473,9 W/m² en el extenso y 284,2 W/m² en el reducido; con esto se puede inferir que la población no se encuentra adaptada a valores extremos de radiación solar, ya que los máximos medidos oscilan entre los 900,0 a 1200,0 W/m².

Lo anterior se refuerza por el efecto de la generación de calor producto la realización de la actividad deportiva, con lo que se tiene una disminución de los estímulos de esta variable en el sujeto, al implicar que el 68% estará conforme con las condiciones de radiación solar dada por el rango reducido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 58.- Análisis de confort térmico por efecto de radiación solar para temporada cálida.

4.3.6.- Sensación térmica por Temperatura Radiante Media

Para la TrM, se estableció un análisis con 323 observaciones de las cuales 153 fueron mujeres y 170 fueron hombres. Se observó un comportamiento homogéneo en la dispersión de las respuestas dadas por los sujetos, desde ni calor ni frío - 4 - y mucho calor - 7 – (Tabla 58).

Tabla 58.- Porcentaje de voto de sensación térmica para el análisis de temperatura mediar radiante en periodo cálido.

VST	ST	Cantidad	Procentaje
7	Mucho calor	62	20%
6	Calor	116	38%
5	Algo de calor	89	29%
4	Ni calor, ni frío	42	14%

Fuente: Elaboración propia.

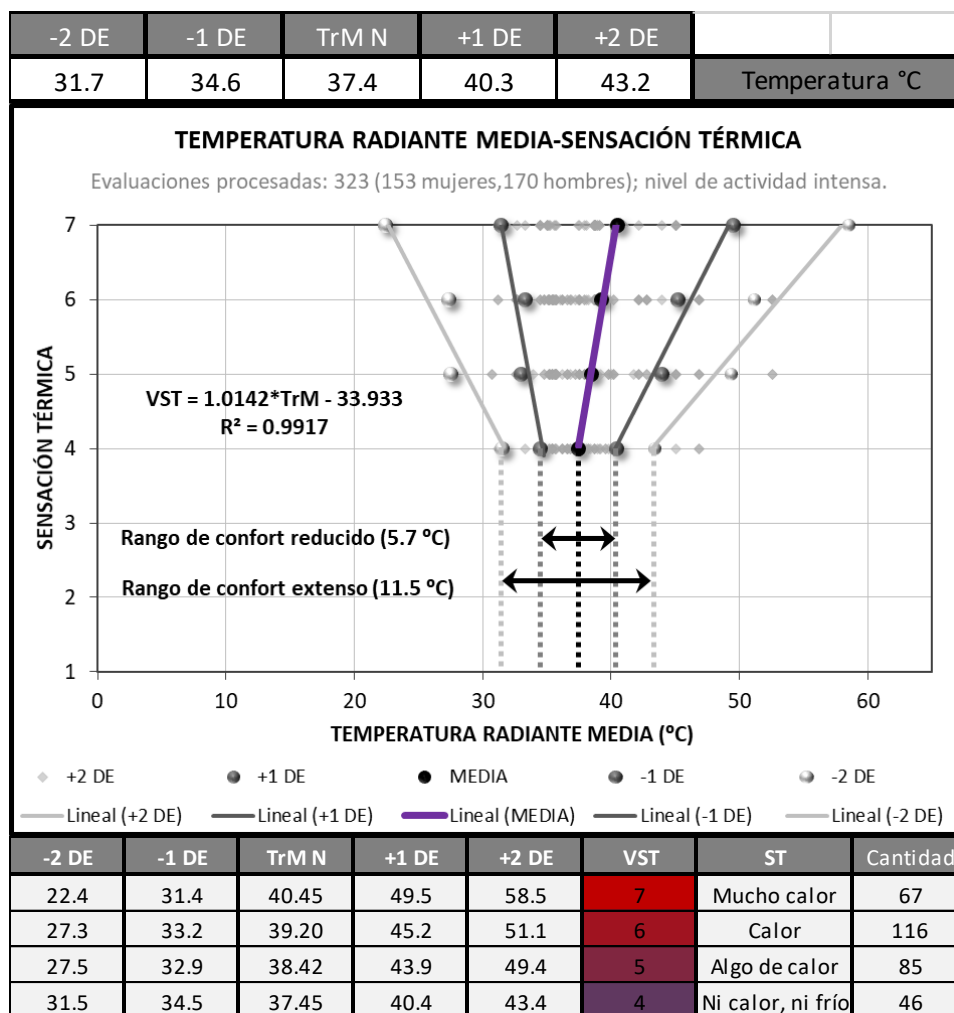
Se muestra una divergencia en las observaciones que aumenta conforme se acercaba a la sensación de “mucho calor”; lo anterior demuestra que los sujetos aun encontrándose acondicionados para tales características por la periodicidad de sus exposiciones a tales ambientes, estos sobrepasaron los límites tanto de aclimatación fisiológica como de adaptación psicológica, lo que generaba discomfort térmico en ellos (Figura 59).

Lo anterior se refuerza al observar las líneas de regresión ± 1 y ± 2 DE que divergen de la media entre más aumente la el voto de sensación térmica; con lo que se infiere que entre más aumente la temperatura radiante media esta afectará directamente al proceso de ST; al compararlo con la investigación de Marques-Marques-Monteiro (2008) y estudios del índice UTCI (*Universal Thermal Climate Index*) (Jendritzky, 2012; Blazejczyk, 2014) ambos coinciden en el comportamiento térmico de los sujetos, lo que reafirma que la TrM es una variable que perturba de manera considerable en la sensación térmica percibida.

El valor neutral encontrado (TrM N) fue de 37,4 °C comparada con las TBS y TGG, dio un valor similar; se observó un comportamiento homogéneo de las respuestas, lo que indica una adaptación y tolerancia equivalente en cada uno de los VST; la divergencia de las líneas de regresión sobre la media tendientes al VST - de mucho calor – 7, indica el efecto que tiene la temperatura media radiante en el aumento del discomfort de los usuarios.

En este caso, se puede observar que se puede tener una escalada en el voto de sensación térmica en promedio de 3 °C; los rangos de confort están entre 5,7 y 11,5 °C reducido y extenso respectivamente.

A diferencia de los rangos en TBS y TGG estos son más amplios, aproximadamente 2,0 °C para el reducido y 5,0 °C para el extenso; lo que indica que esta variable, al ser una combinación de los efectos de VV, TBS y TGG tiene una afectación considerable en la ST.



Fuente: Elaboración propia

Figura 59.- Análisis de confort térmico por efecto de temperatura media radiante para temporada cálida.

4.4.- ESTUDIO COMPARATIVO Y AFECTACIÓN POR MAGNITUD DE VARIABLE METEOROLÓGICA Y VALORES AMBIENTALES CALCUDADOS

Se realizó un estudio comparativo de las variables meteorológicas por temporada; en donde se tomaron en cuenta los valores de neutralidad de cada una y sus rangos de confort. En la tabla 59 se presenta un compilado de la información, al contrastar resultado de los análisis hechos.

Tabla 59.- Tabla comparativa de los rangos de confort de las variables analizadas en las cuatro temporadas.

TEMPORADA DE SENSACIÓN TÉRMICA		RANGO DE CONFORT					
		- 2 DS	- 1 DS	Vn	+ 1 DS	+ 2 DS	r ²
PERIODO FRÍO	TBS	10,0	12,9	16,3	19,6	23,1	0,95
	HR	8,0	21,9	35,8	49,4	62,8	0,88
	VV	0,0	0,0	1,5	3,1	4,7	0,98
	RS	0,0	0,0	101,4	260,5	420,2	0,99
	TGG	5,6	11,7	17,3	23,0	28,7	0,96
	TrM	0,0	10,4	24,5	38,8	53,1	0,98
PERIODO DE TRANSICIÓN FRÍO CÁLIDO	TBS	15,5	18,9	22,2	25,4	28,7	0,98
	HR	11,5	19,8	28,5	37,0	45,5	0,99
	VV	0,0	0,0	0,6	1,2	1,8	0,91
	RS	0,0	0,0	208,5	408,1	607,2	0,99
	TGG	13,8	19,2	24,3	29,3	34,1	0,96
	TrM	4,0	18,2	32,2	46,0	58,7	0,99
PERIODO CÁLIDO	TBS	31,5	33,5	35,4	37,2	39,0	0,97
	HR	9,0	16,9	26,7	35,2	43,9	0,94
	VV	0,0	0,1	0,6	1,2	1,8	0,98
	RS	0,0	0,0	93,6	284,2	473,9	0,96
	TGG	32,0	33,6	35,0	36,6	38,0	0,96
	TrM	31,7	34,6	37,4	40,3	43,2	0,99
PERIODO DE TRANSICIÓN CÁLIDO FRÍO	TBS	17,1	19,5	21,7	23,9	26,2	0,91
	HR	26,5	33,2	39,9	46,6	53,4	0,95
	VV	0,0	0,0	1,0	1,8	2,6	0,97
	RS	0,0	0,0	185,4	380,8	576,1	0,93
	TGG	15,1	18,1	21,1	24,1	27,2	0,95
	TrM	16,1	22,9	29,6	36,3	43,0	0,96

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la **temperatura de bulbo seco**, tiene una variabilidad similar en promedio de 3,0 °C entre la media y las ± 1 y ± 2 DE; y se observan algunas similitudes en periodos consecutivos, en este caso, el rango extenso de la temporada fría y transición frío cálido son iguales, que tienen una oscilación aproximada 13,0 °C; mientras que en el cálido y la transición cálido frío el valor ronda los 9,0 °C.

La variable TBS, afecta de manera adversa a la sensación térmica percibida en las cuatro temporadas estudiadas; se puede observar la adaptación de los sujetos en las temporadas de transición indicadas por las líneas de tendencia, las cuales son paralelas al periodo que le antecede (Figura 60).

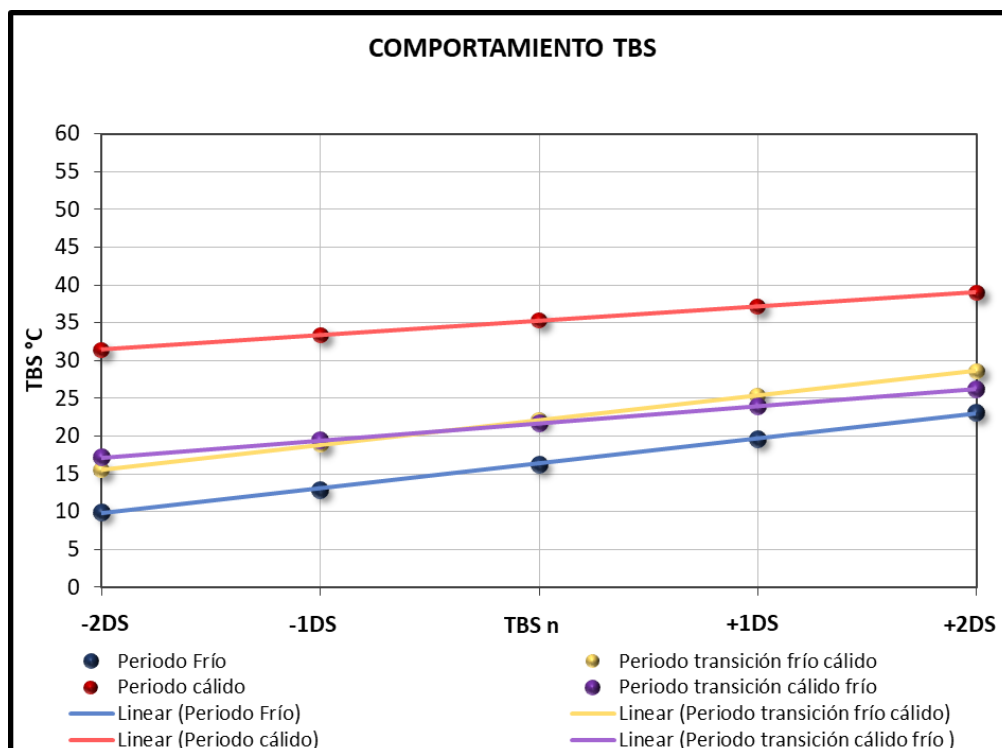
El efecto de la temperatura interna es un factor determinante en la percepción de la TBS (Anexo F, tablas de temperaturas internas), mientras que en la temporada cálida existe una adaptación a valores superiores a 30,0 °C, existe una disminución del rango de temperaturas tolerables en comparación con los otros periodos lo que genera una mayor resistencia a los estímulos de la variable, tendencia que extiende a la temporada de transición cálido-frío.

Por el contrario, en la temporada fría y en la transición frío-cálido, mientras más aumenta la temperatura interna de los individuos, la tolerancia a los cambios los valores de TBS se vuelve menor, lo que implica un impacto mayor en la sensación térmica percibida; esos efectos se ven magnificados con el aumento a 0.47 clo en promedio de los niveles de arropamiento, en comparación de los 0.28 clo de las otras temporadas.

La amplitud de los rangos de confort tanto extensos como reducidos y los valores obtenidos en los coeficientes de determinación son similares en las cuatro temporadas (Tabla 59), lo que reafirmó el estímulo equivalente de la TBS sobre la ST. Se puede observar una conducta similar producida por los efectos de la TBS en la percepción de los usuarios (Figura 60), representado por el paralelismo de las líneas de las temporadas frío/transición frío-cálido y cálido/ transición cálido-frío.

En general, la sensación térmica de confort por temperatura de bulbo seco, presentó una tendencia en el incremento del discomfort mientras los valores de TBS ascendían; además debido a los niveles de calor interno por actividad metabólica, hace que la temperatura neutral (TBS N) disminuya; lo anterior se reafirma con lo estipulado por Fanger (1972), Bojórquez (2010), Marques Marques-Monteiro (2008) y reforzado por lo establecido por Humphreys y Nicol

(2002) y Nikolopoulou y Steemers (2003) que mencionan que la actividad metabólica y el aumento de la temperatura interna, además del grado de arropamiento y piel expuesta pueden generar sobrevaloración en la sensación de la temperatura de bulbo seco de los sujetos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 60.- Comportamiento de la temperatura de bulbo seco en las cuatro temporadas de sensación térmica.

La humedad relativa, tuvo un comportamiento dispar que varía en promedio entre 8% y 13% en las diferentes temporadas de sensación térmica; las temporadas cálida y transición frío cálido se comportaron de manera similar lo que se visualiza en el paralelismo de las rectas graficadas, mientras que las otras dos, contrario a lo que se pudiera esperar tuvieron unas tendencias de adaptación diferentes (Figura 61).

Se puede inferir niveles de tolerancia fisiológica similar a los estímulos de la variable; lo anterior se refuerza al observar los valores de humedad relativa neutral (HR N), que no tuvieron una variación significativa (menores de 10% de HR en promedio entre una temporada y otra) por lo que no se generó un proceso de cambio en la adaptación de los sujetos (Figura 61).

En el caso de los rangos de confort, el extenso con una variación mayor se dio en la temporada fría, lo que coincidió con lo mencionado por Bojórquez (2010), mientras que el de menor amplitud se observó en el periodo transitorio de cálido a frío; lo anterior se explica por los

procesos fisiológicos de los sujetos, puesto que en la temporada transitoria cálido frío existe una adaptación a temperaturas hasta de 36,0 °C, que produce una mayor tolerancia a la humedad relativa.

Para la temporada cálida, el grado de adaptación de los sujetos disminuye y tienen una menor tolerancia a los estímulos de la variable lo que provoca un aumento de la sensación térmica de calor (tema 4.3.2). Lo anterior se debió a las condiciones de variabilidad de la adaptación fisiológica de los individuos, la saturación de sudor en la piel, y que los procesos de enfriamiento se ven rebasados por las condiciones climáticas adversas.

El rango reducido presentó una conducta similar al rango extenso; el de menor amplitud se estableció en la transición cálido frío y el de mayor oscilación en la temporada fría; el efecto de la HR es favorable en la percepción térmica de los sujetos ya que permitió mayor enfriamiento de la piel en tres de temporadas. Se observó que la humedad relativa conforme esta aumentó, se incrementó ligeramente la sensación térmica de frío en todos los periodos estudiados a excepción de la temporada cálida, lo que se contrapone con lo descrito por Givoni (2003) donde se menciona que a mayor humedad relativa aumenta la sensación de calor; pero, por otro lado, lo encontrado en este estudio refuerza lo establecido por Bojórquez (2010).

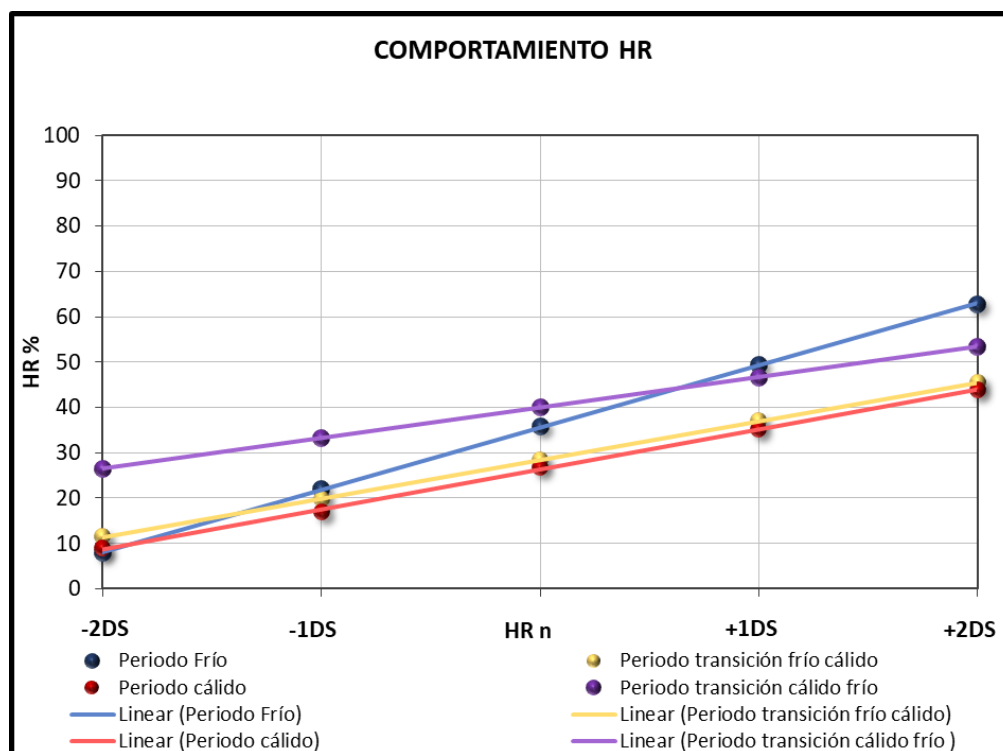


Figura 61.- Comportamiento de la humedad relativa en los cuatro periodos de sensación térmica.

La **velocidad de viento** presentó un comportamiento de clima asimétrico. El rango extenso con mayor oscilación se dio en la temporada fría con 4,7 m/s, lo cual discrepa con lo establecido en otros estudios similares donde se dan en las temporadas transitorias; Por otro lado, el menor dio en la transición frío cálido y cálido cuyo resultado fue de 1,8 m/s.

Esta variabilidad se reforzó por el nivel de la tasa metabólica, además de los consumos de líquido y capacidad de enfriamiento del aire por humedad relativa y temperatura de bulbo seco, lo anterior ocasionó diferencias significativas en el nivel de adaptación de los sujetos a lo largo de los cuatro periodos.

De las cuatro temporadas de sensación térmica la VV tiene un mayor efecto es en la fría, esto por la combinación de la velocidad de viento, aumento de la HR y el descenso de la TBS, lo que genera un incremento de la sensación de frío por el efecto convectivo pues en este caso, contrario a lo que ocurre en la temporada cálida, la temperatura a la que el viento se encuentra es menor a la del cuerpo de los individuos y generar la perdida de calor en los sujetos; comportamiento que puede ser comparado con el desarrollado en la transición cálido frío, donde se puede observar el proceso de cambio en la adaptación de los sujetos entre las temporadas (Figura 62).

Caso contrario, los estímulos en la temporada cálida disminuye, esto provocado por la combinación de temperaturas altas, niveles de calor generado, temperatura interna del cuerpo, y nivel de arropamiento; aun así, el estímulo de la variable es adverso por el efecto convectivo del viento cuya temperatura en el mayor de los casos es superior a la temperatura corporal (37,0 °C), puesto que los flujos de viento al ponerse en contacto con la piel, provocan ganancia de calor y aumento de la incomodidad en los sujetos; en el caso de la temporada de transición fría-cálida, tiene un comportamiento similar a su predecesora, observado en el paralelismo de las líneas (Figura 62).

Los comportamientos térmicos concuerdan con lo descrito en trabajos como los de Bojórquez (2010), Humphreys y Nicol (2002), Fanger (1972, 1986). El rango reducido presentó su valor menor en la temporada cálido y en la transición frío-cálido y su valor mayor en la fría y transitoria cálido-frío.

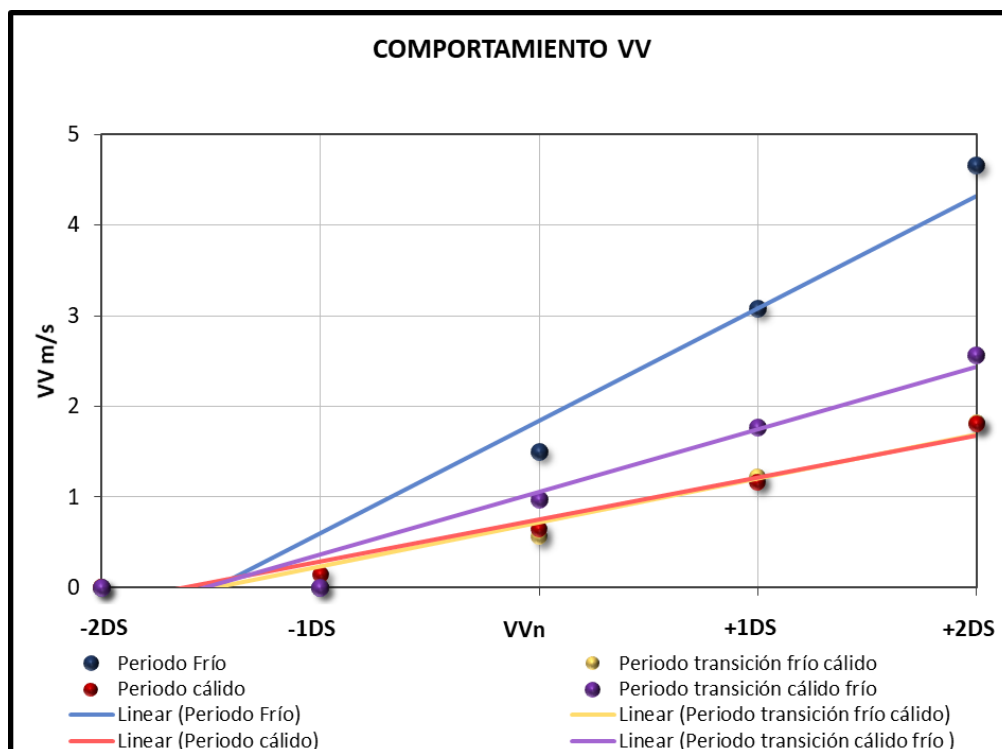
Lo anterior se explica ya que los sujetos estuvieron mejor adaptados a las condiciones térmicas del temporada cálida pero el calor generado provoca el efecto adverso de la VV, mientras que en

las de transición se tuvo mayores requerimientos de enfriamiento convectivo por la actividad metabólica lo que los estímulos de esta variable fueron positivas para la ST; además se presentó una variación respecto a los niveles de arropamiento por el proceso de conducta reactiva que es parte de la adaptación térmica (Nikolopoulou y Steemers, 2003) por lo que se consideró una afectación significativa de la variable por el aumento de las velocidades de viento neutrales (VV N) de 0,5 ms/ entre cada una de las temporadas analizadas.

Es importante mencionar que, ante los efectos en la sensación térmica percibida por cambios de velocidad, se debe tomar en cuenta el arropamiento, el área de piel expuesta como factor primordial en la ST (Fanger, 1972; de Dear et al., 1997), por lo tanto, los resultados obtenidos deberán ser considerados como específicos para el caso y las condiciones del estudio realizado.

Como parte de la conducta interactiva de adaptación psicológica, en las temporadas cálida y fría, los sujetos de estudio evitaban las corrientes de viento directo, debido a las condiciones extremas de temperatura, situación que no sucedió en las de transición. Lo que coincide con el estudio de Tikuisis y Ducharme (1996), quienes demostraron que el cambio de postura influye en el proceso de balance térmico, debido a la afectación del ritmo circadiano, además de la modificación de la convección y radiación en el área de piel expuesta.

En este estudio se reafirmaron las aportaciones de Höppe (1999), que establece que los flujos de viento en exteriores, suelen ser variables en intensidad, dirección y frecuencia, y esto afecta el confort térmico y la termorregulación; lo que coincide con los resultados obtenidos en la sensación térmica percibida por velocidad de viento, donde valores menores a 0,1 m/s no fueron significativos en los procesos de ST.



Fuente: Elaboración propia

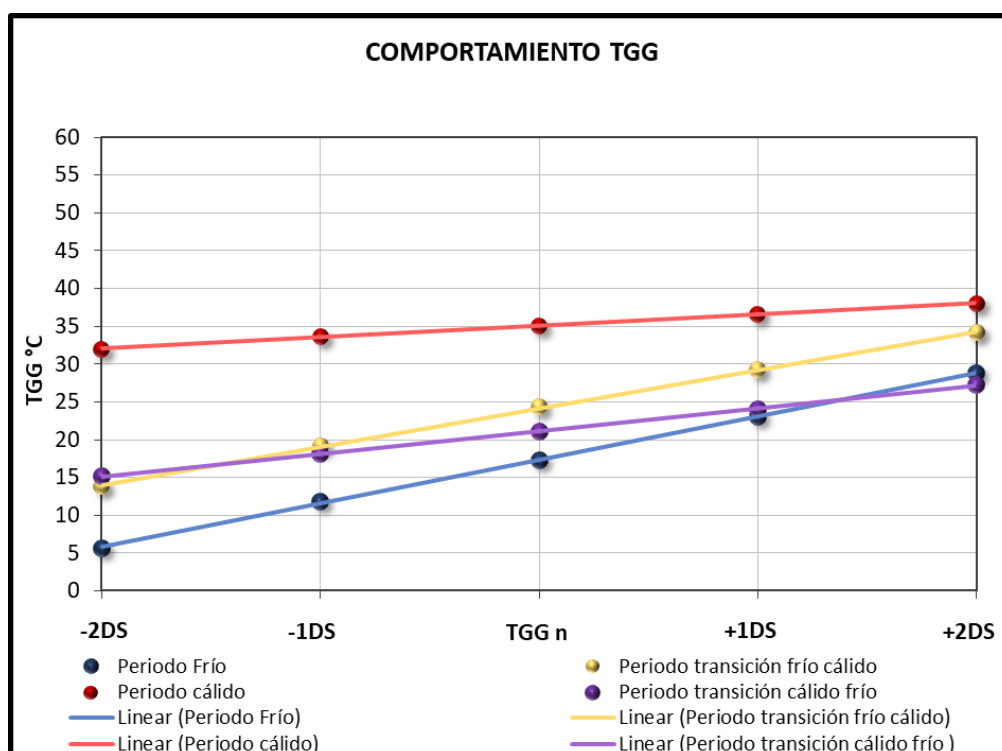
Figura 62.- Comportamiento de la velocidad de viento en los cuatro periodos de sensación térmica.

Con respecto a la **temperatura de globo gris**, presentó un comportamiento de clima asimétrico en las temporadas fría y la transición frío cálido. Los valores de TGG N demostraron la teoría de adaptación, ya que hay una variación significativa de 4,0 °C entre las temporadas fría y las dos de transición mientras que existe una diferencia de 11,0 °C entre la cálida y transitoria de frío-cálido (Tabla 63).

En el caso de los rangos de confort térmico, el extenso donde hubo mayor amplitud se dio en la temporada fría con 23,0 °C aproximadamente, mientras que el de menor magnitud se presentó en la cálida con 6,0 °C de variación, en lo que respecta a las transiciones tienen un valor similar entre 15,0 a 20,0 °C. El reducido presentó su valor mínimo en temporada cálida con una magnitud de 3,0 °C y el máximo en la fría y transitorio frío cálido de 12,0 °C.

En general se observó una relación directamente proporcional entre el aumento de la variable y la diferencia entre el valor neutral de las temporadas de sensación térmica anuales. Lo anterior representó los niveles de adaptación térmica de los sujetos de estudio. Cabe mencionar que aun cuando los comportamientos de la TBS y TGG son similares, hay una variación mínima en los valores de TBS N y TGG N, entre 0,5 °C y 2,0 °C para cada caso, lo que muestra el efecto del

sensor de TGG aislado del viento y la radiación infrarroja absorbida, que concuerda conforme a lo mencionado por Nikolopoulou y Likoudis (2006).



Fuente: Elaboración propia

Figura 63.- Comportamiento de la temperatura de globo gris en los cuatro periodos de sensación térmica.

En el caso de la **radiación solar**, las cuatro temporadas analizadas tiene un comportamiento asimétrico y una variabilidad de los efectos de ésta entre temporadas de transición y los periodos cálidos y frío. Lo que se explica por los grados de adaptación fisiológica de los sujetos.

Por otro lado, el estímulo de esta variable en las diversas temporadas estudiadas afecta de manera adversa a la sensación térmica percibida en las temporadas fría, y las dos de transición; mientras que se puede observar en la temporada cálida que el efecto de la adaptación provoca el decremento de los estímulos de la variable en los sujetos.

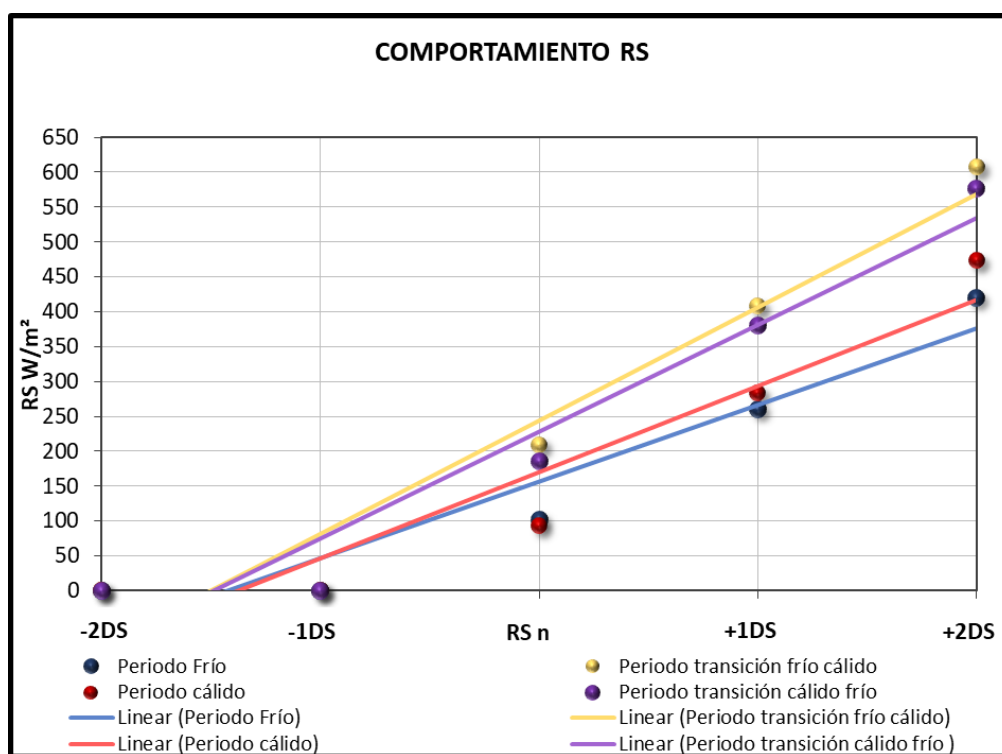
En las temporadas cálida y fría se observó una tendencia a subestimar los efectos de esta variable, provocado por el aumento de la temperatura interna de los sujetos y el arropamiento de los mismos; en el caso de la fría, el efecto de la variable es directamente proporcional a la ST.

En lo que respecta a las temporadas de transición, los estímulos de la RS en la percepción de los individuos tienen un efecto desfavorable en comparación a las otras temporadas ya que, por la

combinación del área de piel expuesta, el aumento de la temperatura interna por la actividad intensa y el cambio lento de los procesos de adaptación fisiológica de los sujetos, trae efectos adversos y genera un aumento en la sensación térmica de los usuarios.

Lo anterior se explica con lo estipulado por Fanger (1972), el cual menciona que la actividad metabólica y el aumento de la temperatura interna, además del grado de arropamiento y piel expuesta puede generar un aumento en la sensación de la radiación solar.

En general, los rangos de confort reflejan los grados de adaptación por los cambios en las variables climáticas, donde en temperaturas extremas los estímulos de la radiación solar decrecen, mientras que en periodos transitorios los efectos tanto de calentamiento o enfriamiento convectivo del aire, y a lenta adaptación fisiológica generan un efecto mayor de la misma.



Fuente: Elaboración propia

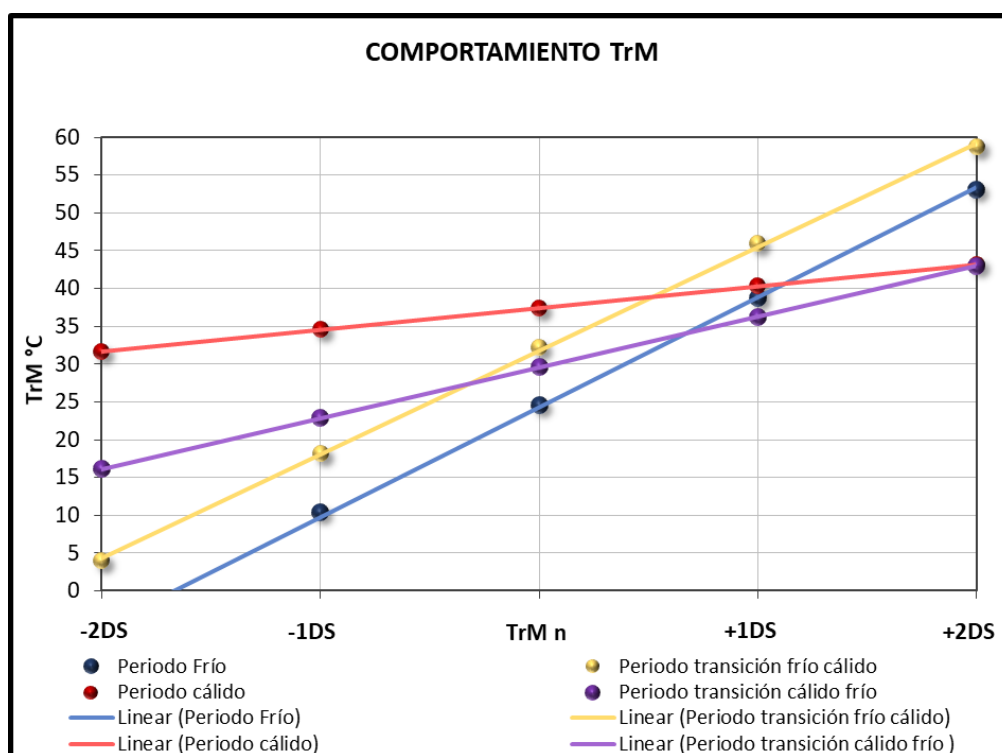
Figura 64.- Comportamiento de la radiación solar en los cuatro periodos de sensación térmica.

La **temperatura radiante media**, presentó un comportamiento de clima asimétrico para las temporadas fría y la de transición frío-cálido. Los valores de TrM N, demostraron (al igual que la variable TBS y TGG) la teoría de adaptación fisiológica de los sujetos, ya que hay una variación significativa por periodo (Figura 65).

En el caso de los rangos de confort térmico, el extenso más amplio se dio en las temporadas fría y transición fría-cálida con un valor de 53,0 °C, el de menor se registró en la cálida con un 12,0 °C, mientras que la transición cálido-frío cuenta con 16,0 °C de variación; con lo anterior se demuestra el grado de adaptación de los sujetos a las temporadas que los preceden. Lo que se debió a las diferentes condiciones de variabilidad de la tasa metabólica y niveles de arropamiento.

El rango reducido presentó su valor menor en temporada cálida y su valor mayor en periodo frío y transitorio frío cálido. Lo anterior debido a que los sujetos en los periodos críticos (frío y cálido) presentaron una mayor amplitud de condiciones de adaptación térmica debido a las actividades y niveles de arropamiento.

En general se observó una relación directamente proporcional entre el aumento de la variable y la diferencia de porcentajes entre el valor neutral de las cuatro temporadas que con lo que se establece los diferentes niveles de adaptación térmica de los sujetos de estudio. Aun cuando los comportamientos de la TrM y de la TBS y TGG son similares, hay una variación mayor en la TrM en comparación de los valores medios, lo que reforzó la hipótesis del efecto conjunto entre la TBS, VV y TGG.



Fuente: Elaboración propia

Figura 65.- Comportamiento de la temperatura radiante media en los cuatro periodos de sensación térmica.

4.4.1.- Efecto en la sensación térmica por magnitud de variable meteorológica

Fue necesario establecer cuál de las variables y valores analizados tenía una mayor afectación en los procesos de percepción térmica; para lograrlo, se utilizó el método establecido en el trabajo de Bojórquez (2010), que realiza un análisis de pendiente de la recta de regresión y coeficiente de determinación (Tabla 60).

Para el caso de la **temporada fría**, se tiene que, la variable que más afecta a la sensación térmica es la velocidad de viento, la cual es negativa y hace que aumente la sensación de frío, seguido de la temperatura radiante media.

En la **temporada cálida** según método la velocidad de viento fue la que más afectó a la ST, sin embargo, su valor de correlación fue bajo. Por lo anterior se consideró que la temperatura radiante media tuvo el mayor efecto por magnitud, con una relación de variables directamente proporcional y una correlación muy alta.

El hecho de que la TrM tuviera un efecto mayor en la sensación térmica, se debió a las condiciones de TBS, el efecto convectivo de la velocidad de viento y la actividad metabólica alta de los sujetos de estudio, que coincide con las aportaciones de Pickup y de Dear (2000), Freitas y Ryken (1989), que menciona la importancia del efecto por radiación solar e infrarroja en actividades en exteriores.

El estudio para la **temporada de transición frío-cálido** se obtuvo que la variable que mayor influencia tienen en la ST, es la TrM, lo cual puede deberse al nivel de arropamiento de los usuarios, y el aumento de la temperatura interna; para la de **transición cálido-frío** la variable que más afectación tiene es la velocidad de viento, esto por el grado de adaptación de los sujetos, y el grado de arropamiento, que promueve un mejor enfriamiento convectivo, debido a las condiciones de ambiente térmico y nivel metabólico de los sujetos, situación similar a lo expuesto por Fanger (1986) y Brown y Gillespie (1986).

Tabla 60.- Comparativa de parámetros de las regresiones para cada variable meteorológica y temporada analizada.

	PERIODO FRÍO			PERIODO DE TRANSICIÓN FRÍO CÁLIDO			PERIODO CÁLIDO			PERIODO DE TRANSICIÓN CÁLIDO FRÍO		
	parámetros de la regresión			parámetros de la regresión			parámetros de la regresión			parámetros de la regresión		
	β_x	β	r^2	β_x	β	r^2	β_x	β	r^2	β_x	β	r^2
TBS	1,32	-17,43	0,95	0,41	-5,02	0,98	1,89	-63,06	0,97	1,95	-38,34	0,91
HR	-0,19	10,84	0,88	-0,22	10,19	0,99	-1,1	33,38	0,94	-0,59	27,86	0,95
VV	-3,99	9,97	0,98	8,65	-0,89	0,91	9,74	-2,3	0,98	-11,23	14,94	0,97
RS	0,043	-0,34	0,99	0,032	-2,63	0,99	-0,079	11,39	0,96	0,035	-2,51	0,93
TGG	0,56	-5,75	0,96	0,4	-5,81	0,96	7,08	-243,7	0,96	2,26	-43,69	0,95
TrM	0,23	-1,53	0,98	0,49	-11,95	0,99	1,01	-33,93	0,99	1,25	-29,26	0,96

Fuente: Elaboración propia

4.5.- MODELOS DE CONFORT MULTIVARIADOS

Se desarrollaron tres modelos multivariados diferentes para las temporadas de sensación térmica; éstos fueron realizados por el método de retroalimentación para discriminación de residuales (Capítulo 3.3.3); para lo cual se tomaron las 1349 encuestas, y se analizaron por temporada de ST.

Para el desarrollo de cada uno de los análisis se utilizaron el 70% de las encuestas para la elaboración de los modelos, el 30 % restante fue empleado para verificar la predicción del mismo y su ajuste.

Para seleccionar las variables se llevó a cabo un análisis de correlación entre cada una de éstas con la sensación térmica, para lo cual se eligieron aquellas que tuvieran el valor del coeficiente de Pearson mayor (Tabla 61); se seleccionaron la TBS, HR, VV; aunque la TGG tuvo una relación mayor que el valor ambiental calculado de la TrM, se descartó por ser una variable que no toma en cuenta en su medición el efecto de la velocidad de viento; por otro lado, la radiación solar obtuvo una menor correspondencia con la sensación térmica, por lo que se tomó la decisión de utilizar la TrM (además, índices internacionales como UTCI, utilizan esta en sus estudios de confort).

Tabla 61.- Análisis de correlación de las variables meteorológicas y la sensación térmica

VARIABLE	MEDIA	D.S	RESULTADO
VST.	4.6632	1.4045	
TBS	24.8852	7.9713	0.526237
TGG	25.4166	8.5093	0.512290
HR	33.7094	14.6958	-0.226998
VV	1.1153	1.2203	-0.168363
RS	174.2549	242.9006	0.069085
TRM	34.2042	15.0318	0.251239

Fuente: Elaboración propia

4.5.1.- Modelo multivariado para temporada de sensación térmica fría

Para el periodo frío, se realizó el análisis de 211 observaciones de 235 seleccionadas para el estudio de las cuales 115 observaciones fueron de mujeres y 120 de hombres, los resultados obtenidos al analizarlas arrojaron los estadísticos siguientes (Tabla 62).

Tabla 62.- Resultados del análisis multivariado y parámetros de la regresión para el periodo frío.

	valor			b	Err. Est. De b	t(211)	p-valor
r	0,64		Intercepto	4,85	0,50	9,59	0,00
r²	0,42		TBS	-0,02	0,02	-0,93	0,35
r² ajustada	0,41		HR	-0,01	0,00	-3,14	0,00
F (4,211)	46,44		VV	-0,41	0,05	-8,46	0,00
p valor	0,00		TMR	0,03	0,00	7,81	0,00
Err. Est. Estimación	0,87						

Fuente: Elaboración propia

*nota: r=coeficiente de correlación de Pearson, r²= coeficiente de determinación, r²= coeficiente de determinación ajustado, F= estadístico de Fisher, p valor= estadístico de significancia de la regresión Err. Est. Estimación= indica la variabilidad de los puntos observados alrededor de la línea de regresión

A partir de estos resultados, se obtuvo la ecuación de la regresión lineal multivariada que se muestra a continuación.

$$VST_{\text{frío}} = -0,02 \cdot TBS - 0,01 \cdot HR - 0,41 \cdot VV + 0,03 \cdot TrM + 4,85$$

Ecuación 36

De donde:

VST_{frío}: voto de sensación térmica en periodo frío.

TBS: temperatura de bulbo seco.

HR: humedad relativa.

VV: velocidad de viento.

TrM: temperatura radiante media.

Se tiene que el coeficiente de determinación fue 0,42, el cual establece el porcentaje de variación que tienen las predicciones del modelo sobre la media de la variable dependiente, lo que determinó un ajuste de moderado a la variable real.

Por otro lado, el coeficiente de correlación de Pearson fue 0,67; lo cual muestra la existencia de una relación lineal de los parámetros (variables meteorológicas) y la variable dependiente (VST) de moderada a buena.

Por otro lado, se obtuvo el error estándar de la estimación o de la regresión, que fue de 0,87, el cual mide la variabilidad o dispersión de los valores observados alrededor de la línea de regresión o de los valores predichos.

Así mismo se tiene que: *“El p-valor para cada término comprueba la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a cero (no tiene efecto). Un p-valor bajo (< 0.05) indica que puedes rechazar la hipótesis nula. En otras palabras, un predictor que tenga un p-valor bajo es probable que tenga una adición significativa a su modelo porque los cambios en el valor del predictor están relacionados con cambios en la variable de respuesta. Recíprocamente, un p-valor grande (insignificante) sugiere que los cambios en el predictor no están asociados con cambios en la respuesta”*.

A partir de lo anterior, al analizar los valores p de los estimadores de la regresión, se puede apreciar que existieron tres variables que fueron significativas la HR, VV y la TrM, los cuales fueron menores a 0,1 que es el grado de libertad con el cual se realizaron los estudios estadísticos.

Se observó la importancia del efecto de enfriamiento convectivo sobre la sensación térmica percibida debido a las condiciones de ambiente térmico y termorregulación humana, lo que coincide, con lo establecido en los estudios de Fanger (1972, 1986) y Brown y Gillespie (1986); al observar los parámetros de la regresión se infiere que la TBS, HR y VV generan un aumento en la sensación térmica hacia las respuestas de mucho frío -1-, esto se explica por los grados de adaptación de los sujetos, el arropamiento, el área de piel expuesta y además de lo anterior el efecto de la temperatura interna que es superior a los valores del ambiente, en conjunto con HR elevadas además de la VV, aumentan el discomfort a la sensación de mucho frío.

La temperatura radiante media, tiene un efecto de aumento de sensación térmica; esto por el efecto conjunto de la radiación de onda corta, larga, temperatura de globo gris y la velocidad de viento, que genera la perturbación de la estadía de confort.

4.5.2.- Modelo multivariado para temporadas de transición

Para este caso se unieron las dos temporadas de transición, con un total de 684 observaciones, de las cuales se tomaron 480 (70% de las encuestas) para el desarrollo del modelo con una distribución de 245 mujeres y 235 hombres; al final del análisis se retomaron un total de 408 para el desarrollo del modelo (Tabla 63).

Tabla 63.- Resultados del análisis multivariado y parámetros de la regresión para los periodos de transición.

valor			b	Err. Est. De b	t(408)	p-valor
r	0,71					
r ²	0,51	Intercepto	0,53	0,25	2,09	0,04
r ² ajustada	0,51	TBS	0,18	0,01	20,92	0,00
F (4,408)	147,69	HR	-0,01	0,00	-2,05	0,04
p valor	0,00	VV	-0,09	0,05	-2,06	0,04
Err. Est. Estimación	0,79	TMR	0,001	0,00	0,28	0,78

Fuente: Elaboración propia

*nota: r=coeficiente de correlación de Pearson, r²= coeficiente de determinación, r²= coeficiente de determinación ajustado, F= estadístico de Fisher, p valor= estadístico de significancia de la regresión Err. Est. Estimación= indica la variabilidad de los puntos observados alrededor de la línea de regresión

Con los resultados postuló el modelo multivariado para la temporada de transición.

$$VST_{\text{transición}} = 0,18 \cdot TBS - 0,01 \cdot HR - 0,09 \cdot VV + 0,01 \cdot TrM - 0,53 \quad \text{Ecuación 37}$$

De donde:

VST_{transición}: voto de sensación térmica en periodo de transición.

TBS: temperatura de bulbo seco.

HR: humedad relativa.

VV: velocidad de viento.

TrM: temperatura radiante media.

El coeficiente de determinación fue 0,51 lo que infiere que las estimaciones del modelo se ajustan de manera moderado a la variable real. Con lo cual se establece la variación de las respuestas calculadas con las reales.

Además, el coeficiente de Pearson de 0,71, indicó una correlación lineal entre moderada a buena, lo que implica que las variables y la ST tienen un grado bueno de relación. Por otro lado, la variabilidad o dispersión de los valores observados alrededor de la línea de regresión o de los

valores predichos se obtuvo mediante el error estándar de la estimación o de la regresión, el cual fue de 0,79.

Como se estableció en el análisis anterior, se tiene la premisa “*El p-valor*”. Se determinó, que HR, VV y la TBS son los parámetros que tienen mayor significancia, ya que estos fueron menores a 0,1 que es el nivel de α . Lo que determina, canto menor sea el nivel de significación, más fuerte será la evidencia de que un hecho no se debe a una mera coincidencia, con lo anterior se infiere que el efecto de estas variables influye en la ST.

En este caso, la TBS tiene mayor afectación en la ST, magnificado por la tasa metabólica de los individuos, una adaptación a las condiciones reforzada por la periodicidad y consistencia de actividades de los individuos, su conducta reactiva, experiencia y expectativa, sumado a la disminución de los estímulos o el aumento de la variable meteorológica (al depender de la temporada de sensación térmica precedente). Lo anterior coincide con Humphreys y Nicol, (2002), Nikolopoulou y Steemers (2003), Mondelo et al. (2013).

Por otro lado, las variables HR y VV, tienen valores negativos en el modelo, con lo cual se infiere que conforme aumentó la humedad relativa y la velocidad de viento, se redujeron las condiciones entre confort y tolerables, situación que coincidió con lo establecido por Rholes et al. (1975) Auliciems y Szokolay, (1997) y Bojórquez (2010).

Lo anterior se debió al calor generado, la transición de la adaptación fisiológica, que generan una baja tolerancia a los estímulos las variables climáticas y la adaptación psicológica de los sujetos lo que también concordó con lo mencionado por Humphreys y Nicol (2002) y Nikolopoulou y Steemers (2003).

En cambio, la temperatura radiante media provoca el aumento de la percepción térmica; esto, se da por el efecto conjunto de la radiación de onda corta, larga, temperatura de globo gris y la velocidad de viento, que genera un aumento del desconfort de los individuos, lo que concuerda con estudios establecidos por Jendritzky (2012) y Blazejczyk (2014).

4.5.3.- Modelo multivariado para temporada cálida

En la temporada cálida, se analizaron 201 encuestas de un total de 235 de las cuales 121 fueron mujeres y 114 de hombres de las cuales se obtuvieron los parámetros para la regresión lineal y el modelo multivariado (Tabla 64).

Tabla 64.- Resultados del análisis multivariado, y parámetros de la regresión para el periodo cálido

valor			b	Err. Est. De b	t(215)	p-valor
r	0,55					
r ²	0,35	Intercepto	-6,70	1,21	-5,53	0,00
r ² ajustada	0,29	TBS	0,30	0,03	10,32	0,00
F(4,201)	27,50	HR	0,05	0,01	8,56	0,00
p valor	0,00	VV	-0,12	0,05	-2,20	0,03
Err. Est. Estimación	0,65	TMR	0,01	0,00	1,15	0,25

Fuente: Elaboración propia

*nota: r=coeficiente de correlación de Pearson, r²= coeficiente de determinación, r²= coeficiente de determinación ajustado, F= estadístico de Fisher, p valor= estadístico de significancia de la regresión Err. Est. Estimación= indica la variabilidad de los puntos observados alrededor de la línea de regresión

A partir de estos resultados, se obtuvo la ecuación de la regresión lineal multivariada que se muestra a continuación.

$$VST_{\text{cálido}} = 0,30 \cdot TBS + 0,05 \cdot HR - 0,12 \cdot VV + 0,01 \cdot TrM - 6,70$$

Ecuación

38

De donde:

VST_{cálido}: voto de sensación térmica en periodo cálido.

TBS: temperatura de bulbo seco.

HR: humedad relativa.

VV: velocidad de viento.

TrM: temperatura radiante media.

El coeficiente de determinación fue 0,35, lo que establece la variación que tienen las predicciones del modelo sobre la media de la variable dependiente, lo cual quiere decir que las estimaciones del se ajustan de manera moderado a baja a la variable real.

Se observó que existe una relación lineal de los parámetros de la regresión (variables meteorológicas) y la variable dependiente (VST) moderada, reflejada en el coeficiente de correlación de Pearson con valor de 0,55.

Como medida de la confiabilidad de la ecuación, se tuvo el error estándar de la estimación cuyo valor en el análisis fue 0,65, que indica la variabilidad de los puntos observados alrededor de la línea de regresión.

Se estableció el nivel de significancia estadística de cada uno de los parámetros de la regresión se a través de un análisis e inferencia; aquellos predictores que tenga un valor-p más cercano a 0 es probable que tenga una adición significativa a su modelo porque los cambios en el valor del predictor están relacionados con cambios en la variable de respuesta.

La HR, VV y la TBS, fueron significativos por su valor p menor a α de 0,1; en base a los parámetros de la regresión se puede determinar que la variable meteorológica que más afecta a la ST, fue la temperatura de bulbo seco, seguido de la velocidad de viento, esto se determinó por el coeficiente de cada indicador que conforma el modelo.

Además, se observó la importancia del efecto de enfriamiento convectivo sobre la sensación térmica percibida, lo que se indica en el valor negativo del parámetro de velocidad de viento, contrario a lo que estableció en el análisis univariado para la misma; lo anterior se puede explicar por la combinación entre la humedad del ambiente y la tasa de sudoración, que, aunado a la VV, tiende a reducir el discomfort de los usuarios. La HR y TrM en esta temporada generan un aumento en la sensación térmica de los sujetos; esto se puede explicar por los grados de adaptación, arropamiento, área de piel expuesta y calor generado por tipo de actividad.

4.5.4.-Estudio comparativo de modelos multivariados

Se realizó un análisis para establecer cuál de las variables y valores meteorológico tiene mayor de afectación en los procesos de percepción térmica; para lograrlo, se utilizó el método establecido en el trabajo de Bojórquez (2010) (Tema 3.3.4), que realiza un estudio de los parámetros de regresión multivariada de los modelos y coeficiente de determinación (Tabla 65).

Para el caso de la **temporada fría**, la que más afecta a la sensación térmica en esta temporada, es la velocidad de viento, la cual es negativa y hace que aumente la sensación de frío, seguido de la TrM que influye en un aumento de la sensación térmica, mientras la TBS y HR, generan una tendencia un aumento de la ST de mucho frío -1-. Esto es similar a lo encontrado en la misma temporada para los modelos univariados (ver apartado 4.4.1).

En la **temporada cálida** la que más afectó la ST fue la temperatura de bulbo seco. Esto provocado por la diferencia de temperaturas entre el ambiente y la del cuerpo; también, la HR y TrM afectan a la sensación térmica provocando discomfort en los sujetos; para esta temporada la

velocidad de viento genera una tendencia a disminuir la ST, lo que difiere de lo encontrado en la misma temporada para la VV para modelos univariados.

En **la temporada de transición frío-cálido** se obtuvo que la variable que mayor influencia tienen en la ST, es la TBS, lo cual puede deberse al nivel de arropamiento de los usuarios, y el aumento de la temperatura interna y el efecto de la aclimatación a la temporada fría y la temporada cálida; además el estímulo de la VV disminuye la ST de los sujetos, lo que es favorable para la estabilización de los procesos de pérdida de calor en los mismos.

Tabla 65.- Comparativo de los modelos multivariados en las diferentes temporadas de sensación térmica.

	PARÁMETROS DE LA REGRESIÓN					
	β_{x_1}	β_{x_2}	β_{x_3}	β_{x_4}	β_0	r^2
	TBS	HR	VV	TrM	Constante	
Temporada fría	-0,02	-0,01	-0,41	0,03	4,85	0,42
Temporada de transición	0,18	-0,01	-0,09	0,01	-0,53	0,51
Temporada cálida	0,30	0,05	-0,12	0,01	-6,70	0,35

Para concluir, se puede observar que, en los modelos multivariados, el efecto de la TBS va aumentando conforme se pasa de temperaturas mínimas anuales a las máximas de la temporada cálida; mientras que el de la VV tiene un comportamiento contrario, en las temporadas de transición y cálida, su estímulo es menor en la ST, por lo contrario que en la fría su estímulo es adverso, presentando con esto el paso de los procesos de adaptación y aclimatación de los individuos a las diversas temporadas. Todos los modelos multivariados desarrollados, podrán ser utilizados como punto de partida para el desarrollo de índices térmicos para actividades intensas, en climas extremos.

CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES

Las conclusiones desarrolladas son el culmino de un proceso de estudios e investigación, de las cuales se realiza una serie de análisis de lo encontrado en el trabajo originado a partir de la hipótesis y objetivos planteados, donde se finaliza con una serie de recomendaciones y planeaciones futuras originadas de la misma.

Los objetivos fueron establecer un estudio del efecto de las variables meteorológicas sobre la sensación térmica de los sujetos que realizan actividades deportivas intensas en espacios públicos exteriores; lo anterior permitió el desarrollo de modelos que ayudaron a validar la hipótesis planteada.

Los análisis demostraron que la hipótesis de este trabajo es verdadera, puesto que cada una de las variables meteorológicas estudiadas tuvo un nivel de afectación diferente conforme cambiaba la temporada de sensación térmica; al mismo tiempo, se observó, que estas pueden trocar la magnitud de sus estímulos en los sujetos que desarrollan actividades deportivas hasta un $\pm 75\%$ entre cada uno de los periodos de ST.

Por otro lado, se puede validar lo estipulado en la hipótesis donde se menciona “*el nivel de actividad deportiva intensa modifica los rangos de neutralidad térmica en los modelos de confort, con valores que sobrepasan posibles límites de riesgo fisiológico*” al inferir que la tasa metabólica intensa, en promedio 1500 W/m^2 , es un factor determinante para que se generen las diferencias entre los efectos de las variables en cada una de las temporadas de sensación térmica, al elevar los rangos de tolerables de las temperaturas de bulbo seco hasta los $40,0^\circ\text{C}$, combinado con la humedad relativa de 45% , lo que en estudios como los de Olgyay (1963), Nikolopoulou (2004), Fanger (1972) establecen como valores extremos donde los sujetos pueden ser afectados en su salud, con riesgo provocar el deceso de los mismos.

Con lo anterior, se establece una argumentación por variable meteorológica para reforzar la veracidad de la hipótesis. Se estableció que, la muestra analizada la proporción de hombres y mujeres era similar, 50% y 50% con un promedio del aislamiento por ropa entre $0,37 \text{ clo}$ a $0,75 \text{ clo}$, lo que indica una vestimenta entre ligera para verano y normal para invierno; ésta se encuentra conformada por individuos entre los 12 y los 65 años, que concuerda con lo

establecido por la norma ISO 10551 (2019), por otro lado la edad del 75%, aproximadamente, de los encuestados esta entre los 17 y 26 años.

Al finalizar los trabajos de campo, la sumatoria de todas las observaciones obtenidas fue de 1348 encuestas, colectadas en las 4 temporadas de sensación térmica; de las cuales para la fría fueron 333, para las de transición en conjunto fueron 683 y la cálida 332.

El confort **térmico por temperatura de bulbo seco** presentó en los cuatro periodos, variaciones ligeras en la temperatura entre las diferentes escalas de respuesta de la sensación térmica, lo que reafirma el enunciado de hipótesis que dice que los niveles de actividad si modifican la percepción de la variables meteorológicas demostrado por la reducción de la TBS N, al compararlo con estudios similares se redujeron hasta 2,0 °C, con lo que los valores son: 35,4 °C, 22,2 °C, 21,7 °C y 16,3 °C (para las temporadas cálida, las dos temporadas de transición y la temporada fría).

En el análisis de Sensación térmica por TBS las rectas graficadas (± 1 y 2 DE, Media) en el análisis de regresión fueron paralelas (visualmente) en tres temporadas, salvo la de transición frío-cálido la cual diverge hacia la sensación de mucho calor -7-; las observaciones no sobrepasan las líneas de ± 2 DE y su distribución es homogénea en cada uno de los VST; lo anterior indicó una buena adaptación fisiológica de los individuos a la variable meteorológica, aun así, se tienen cambios en el tipo de arropamiento y el área de piel expuesta que genera un aumento o disminución en los estímulos de ésta.

Con lo anterior se establece que los niveles de adaptación de los individuos están mejor aclimatados a las condiciones extremas de temperatura (valores superiores a los 30 °C) lo que se observa en la distribución de las respuestas que son más compactas en la temporada cálida que en la fría; esto se debe por la periodicidad con la que los sujetos realizan la práctica deportiva al coincidir con lo establecido por Mondelo (2013), Rhoades y Tanner, (2005), Humphreys y Nicol (2002), y Bojórquez (2010).

El confort térmico por efecto de **humedad relativa (HR)** tuvo comportamiento fue diverso en cada temporada estudiada; se pudo discernir que por el grado de tasa metabólica y la producción de calor los estímulos de la variable aumentan la sensación térmica de frío, lo que en las

temporadas de transición es favorable para llegar a condiciones de confort o aceptables, mientras que en la fría y cálida sus efectos son adversos para la ST.

Al comparar los resultados con los de Bojórquez (2010), se estableció una disminución hasta de 15 % en la HR N que en este caso fueron de 26,7 %, 28,5%, 39,9 %, y 35,8% (para el periodo cálido, las dos temporadas de transición y la temporada fría). Esto demuestra que un incremento significativo de la actividad metabólica, puede llegar a existir una sobreestimación del efecto de esta en la sensación térmica percibida.

Como se menciona, el efecto de esta variable sobre la ST es de aumento de la sensación hacia las respuestas de frío con excepción de la temporada cálida; los individuos toleran valores se encuentran entre el 10% al 60% aproximadamente; mientras que Olgyay (1963) menciona los rangos entre 30% y 65%; esa disminución en los rangos de tolerancia fue provocado por un aumento de la temperatura interna, tasa metabólica alta, área de piel expuesta y niveles de arropamiento en los sujetos que desarrollan actividades deportivas intensas.

Para la sensación térmica por **velocidad de viento (VV)**, es importante puntualizar que el efecto de ésta se va a dar en función del área de piel expuesta, temperatura corporal interna que aumenta por la actividad metabólica intensa, por lo que requiere valores menores de VV para lograr el efecto de enfriamiento, lo que es similar a lo establecido por de Dear et al. (1997).

De acuerdo con trabajos como los de Fanger (1986) y Bojórquez (2010) se coincide en que el efecto convectivo del viento es adverso a velocidades mayores a los rangos neutrales, en la temporada cálida y la de transición frío cálido, pues el aumento de la temperatura genera un efecto convectivo adverso para la ST, mientras que en la temporada fría y la transición cálido frío ocurre lo contrario; con esto se demuestra el efecto de la adaptación en los cambios del estímulos de la VV en el confort de los sujetos.

Es importante considerar que la encuesta se aplicaba en una posición prácticamente sin movimiento posterior a realizar sus actividades deportivas, después de tener desplazamientos a distintas velocidades y posiciones corporales que aumentaron la temperatura corporal interna y de piel, lo que en conjunto con la temperatura del viento y el acomodo de los mismos al realizar el cuestionario, posibilitó la generación de sombra de viento en los individuos, con lo que se

pudo afectar la respuesta de los usuarios; esto se observa en las gráficas desarrolladas, por la divergencia misma de los datos en cada voto de sensación térmica.

La velocidad de viento neutral (VV N) para las cuatro temporadas es de 0,60 m/s para las temporadas cálida y de transición frío-cálido, 1,0 m/s para la transición cálido-frío y 1,5 m/s para la fría; se puede establecer que por efectos de la adaptación térmica de cada periodo provocada por la constante práctica se tienen divergencias en la VV N; mientras en la etapa cálida obtuvo un valor menor, en la fría aumentó hasta 0,90 m/s más elevados de VV N, esto es determinado esencialmente por el calor generado y el efecto convectivo de la VV; además el nivel de arropamiento pudo ser un factor determinante en la subestimación o sobreestimación de la variable. Mientras que en las transiciones se pueden observar los procesos de adaptación de los sujetos de una temporada a otra, con el incremento y decremento de los valores neutrales de la misma.

El confort térmico por **temperatura de globo gris**, tiene un efecto combinado con la tasa metabólica, que provoca un aumento en la respuesta hacia la condición de mucho calor en todas las temporadas; este comportamiento, está relacionado, por el estímulo de la variable, el color de las ropas que los individuos vestían, el calor generado por el tipo de actividad y el área de piel expuesta.

Además, se infiere a partir del comportamiento de las rectas de regresión, la existencia de una mayor tolerancia en las dos temporadas de transición, mientras que existe una menor adaptación a los estímulos de la TGG en la cálida y fría.

Lo anterior se puede observar por la variación de las respuestas de los sujetos que fueron más dispersas en la temporada fría y la transición frío-cálido, mientras que la menor variabilidad en las observaciones se tiene en la cálida y la transición de cálido a frío (Figuras 45, 51 y 57)

La TGG N para los cuatro periodos fueron similares a los valores de confort para la TBS, con una diferencia de 1,0 °C aproximadamente; Los efectos de la variable se magnifican por los procesos de adaptación de los sujetos, la temperatura interna de estos, la conducta psicológica proactiva, el aislamiento por ropa y el área de piel expuesta; todo esto coincidente con lo establecido por Nikolopoulou y Steemers (2003).

En cuanto a la **radiación solar** y su relación con el confort térmico, se observó que los sujetos están adaptados a valores hasta 607 W/m^2 , esto se deduce en los comportamientos convergentes hacia las respuestas a la sensación de mucho calor de las temporadas fría y las dos de transición lo que en condiciones de discomfort por frío puede ser favorable para genera condiciones entre confort y tolerables; mientras que el periodo cálido la línea de regresión es negativa, con lo que se infiere que el efecto del estímulo de la RS sobre la ST disminuye, posiblemente por la tasa metabólica intensa y la producción de calor generada por la actividad deportiva.

En este punto, no hay una cantidad significativa de investigaciones que analicen los efectos de esta variable sobre el confort térmico, por lo complicado que establecer una correlación de la influencia de la radiación solar y la sensación térmica percibida; por lo que no existe un punto con el cual establecer una comparativa completa para cotejar los resultados.

En cuanto a la **temperatura media radiante**, se observó que los valores neutrales sólo difieren de la TBS y TGG aproximadamente $2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que puede establecer un comportamiento similar entre ellas y el grado que éstas afectan a los sujetos; esto indica que los sujetos tienen una adaptación favorable a condiciones de temperaturas altas; al contrario, en valores por debajo de las medias obtenidas la dispersión de las observaciones aumenta, con lo que se establece una tolerancia baja a valores menores de los establecidos como neutrales.

En particular, la temperatura media radiante tuvo un impacto significativa en el confort térmico, puesto que se compone de la combinación de los efectos de la temperatura de globo gris (radiación onda larga y onda corta), la velocidad de viento (efectos convectivos del mismo) y la temperatura de bulbo seco; el más remarcado se da en la temporada fría, lo que indica que los sujetos aun al estar adaptados a condiciones del periodo, el estímulo de la TrM es mayor, puesto que los sujetos se encuentran adaptados a condiciones de temperaturas menores; mientras que en la temporada cálida se tiene una mayor tolerancia a la variable.

Esto concuerda con investigaciones desarrolladas por Marques-Marques-Monteiro (2008) y estudios del índice UTCI (Universal Thermal Climate Index) (Jendritzky, 2012; Blazejczyk, 2014), donde el impacto de la actividad metabólica y el grado de arropamiento es uno de los factores predominantes en el aumento o disminución de los estímulos de la variable.

Con todo lo anterior se tiene un acercamiento para establecer la relación de las variables meteorológicas con el confort térmico; según se infiere con los análisis, la temperatura media radiante y la velocidad de viento son las que impactan en mayor medida a la sensación térmica percibida en los cuatro periodos de ST; esto por las condiciones metabólicas, fisiológicas y psicológicas mencionadas.

Por otro lado, los modelos multivariados propuestos obtuvieron resultados similares, en cuanto a la afectación de por magnitud de variable meteorológica, en estos se analizaron cuatro variables distintas (TBS, HR, VV y TrM), lo cual fue basado en distintas investigaciones y el desarrollo de índices de confort.

En el caso de la **temporada Fría**, el modelo multivariado arrojó como resultado que las variables que más influyeron en la ST de los sujetos eran la velocidad de viento y la temperatura media radiante; mientras que la humedad relativa y la temperatura de bulbo seco fueron menos significantes en el proceso de percepción.

Con lo anterior se tiene que los efectos de la VV son adversos pues genera un aumento en la sensación de frío en los sujetos mientras que la temperatura media radiante tiene un estímulo favorable en la ST; la HR y la TBS, según lo determinado por el modelo, tienden a un aumento de discomfort por frío; esto por la influencia de las temperaturas ambientales menores a las internas que son en promedio de 37,0 °C, y por los efectos convectivos que generan una pérdida rápida del calor generado y aumento del discomfort, lo cual, se ve magnificado por niveles de humedad elevados de la temporada que llegan hasta los 90%.

El modelo realizado en las **temporadas transición**, muestran que, de las cuatro variables, las que tienen una mayor afectación en la sensación térmica la temporada son la TBS y la VV, respectivamente.

Se reflejó un claro efecto directo de la velocidad de viento en la ST, donde también, se tiene un estímulo significativo de la TBS y la TrM; en este caso, la TBS y TrM tienden a aumentar la sensación de mucho calor mientras que la HR y la VV aumentan la sensación de frío. Lo anterior se puede explicar por los procesos de adaptación de los sujetos, variabilidad de condiciones

climáticas de las temporadas analizadas, arropamiento y efecto de los procesos conductuales (psicológicos).

Para la **temporada cálida**, el modelo muestra que la TBS es la que más infiere en los procesos de sensación térmica, seguida por la VV, al tener esta última una tendencia a aumentar la sensación de frío de los sujetos por ser un parámetro negativo; con lo cual se muestra el proceso de adaptación, ya que conforme aumentan los niveles de actividad intensa se reduce la VV N en los periodos extremos de calor, lo anterior coincide con Fanger (1972, 1986); con esto se puede explicar que el conjunto de la tasa de sudoración en combinación con la VV, es un factor importante para el enfriamiento de los sujetos.

Por el contrario, la HR tiene un efecto desfavorable en la ST, ya que aumenta a sensación a mucho calor; coincidente con lo estipulado por Bojórquez (2010), Noguchi y Givoni (1997) y Humphreys y Nicol (2002), que cual refleja una sobreestimación de la humedad por la saturación de sudoración en la piel de los individuos que no permite el enfriamiento adecuado.

En general, se estableció que la Velocidad de Viento es la variable climática que más efecto tiene en la sensación térmica percibida de los sujetos; lo que coincide con lo establecido por Fanger (1986) sobre el efecto convectivo del viento, y al reafirmar lo desarrollado por Bojórquez (2010).

Es importante, referir que, en el desarrollo de ambos análisis, se obtuvieron resultados similares; el total de modelos obtenidos fueron 24 univariados y 3 multivariados. Es posible extrapolarlos a otras condiciones climáticas similares con niveles de actividad metabólica parecidos y bajo consideraciones de ajustes específicos.

El uso de modelos de confort térmico para exteriores por periodo climático, permite estimar de forma adecuada la sensación térmica percibida del usuario, al ser un apoyo en la toma de decisiones de diseño de espacios arquitectónicos exteriores en clima extremos (en el caso de los modelos univariados) mientras que los modelos multivariados son una plataforma para desarrollar índices de confort para monitoreos ambientales y al generar con esto herramientas para alertar sobre riesgos fisiológicos en la población que se encuentre realizando actividades con tasas metabólicas altas.

Es importante reiterar que el enfoque de adaptación considera la expectativa, la experiencia y las conductas psicológicas que los usuarios utilizan para establecer condiciones entre confort y tolerables, por lo que es difícil instaurar de manera puntual la sensación térmica de los sujetos. Como consideración final se puntualiza que la población que realiza actividades deportivas en espacios públicos exteriores está adaptada a las condiciones adversas del periodo cálido, esto por la constante práctica deportiva que ayuda a la aclimatación sobre los estímulos meteorológicos.

Por lo tanto, se proseguir el estudio del tema de confort para sujetos que realizan actividades deportivas, puesto que lo realizado es solo una parte introductoria de los procesos y variables que conllevan a establecer las condiciones necesarias de neutralidad térmica de los individuos; esto, con la finalidad de generar información que sustente el realizar adecuaciones espaciales en la áreas deportivas, consideraciones en la toma de decisiones sobre límites máximos en donde estas personas no sufran afectaciones fisiológicas por condiciones extremas, y evitar así problemas de morbilidad y mortalidad entre la población; además de generar investigaciones sobre procesos de adaptación al cambio climático, otro tema de interés general.

Con respecto al objetivo general y los objetivos específicos, todos fueron cumplidos, ya que se estimaron los efectos de las variables meteorológicas en el confort térmico, además se establecieron temporadas de estudio, se seleccionó un caso de aplicación, y se pudo instaurar en qué proporción actúan las variables meteorológicas en el confort térmico.

Para finalizar, es posible que investigaciones posteriores retomen los resultados encontrados y enriquecerlos con análisis que, por cuestión del tiempo en este trabajo no se pudieron realizar, pero que serían significativos en el tema; estos puntos son descritos y resumidos a continuación, ordenados por la factibilidad de su desarrollo a corto, mediano y largo plazo:

- Desarrollar índices de confort donde se establezcan temperaturas equivalentes para instaurar rangos de riesgos que afecten a la salud de la población.
- Establecer diferencias entre rangos de confort de los distintos niveles metabólicos, para determinar diversos índices riesgos a la salud por nivel de actividad; además de fomentar el uso de los modelos para el desarrollo de planes que ayuden a mejorar la calidad de vida de la población.

- Determinar si otras variables pueden tener una mayor influencia en el confort térmico, tal es el caso de la humedad absoluta, que puede ser determinante ya que no se encuentra ligada directamente a fluctuaciones de temperatura.
- Desarrollar un estudio detallado del efecto de la velocidad de viento en la sensación térmica percibida, con la intención de estimar un posible factor de ajuste. Lo anterior debido a que la ST puede variar por incrementos en el metabolismo en actividades deportivas que genera un aumento de la velocidad relativa del aire debido a los propios movimientos del cuerpo.
- Determinar el efecto de la temperatura interna y superficial de los individuos que realizan actividades intensas, en la percepción térmica y en qué porcentaje puede afectar en la disminución de los estímulos de las variables meteorológicas.
- Establecer que aspectos fisiológicos como la complexión de los individuos, sexo, peso, y estatura afectan directamente los procesos de la percepción y adaptación térmica de los sujetos que realizan actividades deportivas.
- Cuál es el efecto que el consumo de oxígeno (VO_2) de los individuos que realizan actividades deportivas intensas sobre la percepción térmica de éstos.
- La influencia del aspecto anímico y como puede influir en el proceso de la percepción, al generar con ello, el favorecimiento de estímulos placenteros bajo condiciones extremas (aliestesia) y seguir la línea desarrollada por de Dear (2006).
- Estudios sobre la influencia del aislamiento de la ropa en los individuos que realizan actividades intensas y el desarrollo de factores de arropamiento adecuados para vestimenta deportiva. Al tomar en cuenta tipo de fibras textiles especiales, transferencia de calor, impermeabilización y facilidad de evaporación del sudor generado, lo cual es importante en el proceso de la termorregulación.

ANEXOS

ANEXO A: MODELOS DE PREDICCIÓN Y ADAPTACIÓN

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 1 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)			D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)			D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores	C.3. Tipo de Edificio		D.2.1. T.B.S.	D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.5. T.B.H.	D.2.6. T.M.R.	D.2.7. P.V.	D.2.8. P.R.
Índice de temperatura percibida	Temperatura efectiva <i>ET</i> -Sobreestima efecto humedad- [Houghten/Yaglou, 1923] (Auliciems y Szokolay, 1997)	No disponible		Pasiva, moderada	Ligero, Ligeramente arropado	●		Cámara climática	Húmedo Cálido Húmedo	●	●							
Índice de temperatura percibida	Temperatura operativa <i>OT</i> [Winslow, Herrington y Gagge, 1937] (Auliciems y Szokolay, 1997;Gagge <i>et al.</i> , 1986)	Empleados, estudiantes, amas de casa		Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	●		Oficinas, escuelas, viviendas	Frío (Humedad baja)	●		●				●		
Índice de temperatura percibida	Índice de viento frío <i>WCI-Wind Chill</i> -Complemento Humidex- [Simple/Passel, 1965] (Auliciems y Szokolay, 1997;Heidorn, 2001)	Seis hombres Seis mujeres (adultos)		Moderada	Muy abrigada			Cámara climática viento frío	Clima frío (Invierno)	●		●						
Índice de temperatura percibida	Índice de sensación térmica <i>TS</i> [Ashrae, 1970] (Auliciems y Szokolay, 1997; Inglés,2004)	No disponible	●	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a ligeramente arropado	●		Oficinas, escuelas, viviendas	Húmedo Cálido Húmedo	●							●	
Índice de temperatura percibida	Índice Botsball <i>BB</i> -Termómetro especial- -Similar a WBGT- [Botsford, 1971] (Rodahl, 1989;Hedge, 2008)	Empleados de la industria		Moderada e intensa	Ligero, Ligeramente arropado	●		Áreas de trabajo internas y externas de la industria	Cálido seco	●	●	●	● Exteriores			● Interiores		
Índice de temperatura percibida	Nueva temperatura efectiva <i>ET*</i> -Basado en 2-node model- [Rholes <i>et al.</i> , 1975] (Auliciems y Szokolay, 1997)	No disponible		Pasiva, moderada	Ligero, Ligeramente arropado	●		Cámara climática	Húmedo Cálido Húmedo	●	●						●	

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 2 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo Abreviatura en inglés -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.3. Tipo de Edificio		D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores		D.21. T.B.S.	D.22. H.R.	D.23. V.V.	D.24. R.S.	D.25. T.G.N.	D.25. T.B.H.	D.26. T.M.R.	D.27. P.V.	D.28. P.R.
Índice de temperatura percibida	Nueva temperatura efectiva estándar <i>SET*</i> -Basado en 2-node model- [Rohles, Hayter, Milliken, 1975] (Auliciems y Szokolay, 1997)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•		Cámara climática	Húmedo Cálido Húmedo	•		•			•	•	
Índice de temperatura percibida	Temperatura Subjetiva <i>SUBT</i> -Basada en FCE- [McIntyre, 1975] (McIntyre, 1975; Cornell University Ergonomics Web, 2003; Inglés, 2004)	Empleados, estudiantes, amas de casa, militares	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•		Oficinas, escuelas, Viviendas, edificios militares	Todo tipo	•		•			•	•	
Índice de temperatura percibida	Temperatura subjetiva <i>ST</i> [McIntyre, 1976] (Auliciems y Szokolay, 1997)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•		Cámara climática	Húmedo Cálido Húmedo	•		•			•	•	
Índice de temperatura percibida	Temperatura efectiva estándar <i>SET</i> -Basado en ET*- [Nishi/Gagge, 1977] (Auliciems y Szokolay, 1997)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada	Ligero, Ligeramente arropado	•		Cámara climática	Húmedo Cálido Húmedo	•		•			•	•	
Índice de temperatura percibida	Índice de estrés del tiempo atmosférico (Temperatura aparente) <i>WSI ó TA</i> -Se basa en el HI- [Steadman, 1984] (Auliciems y Szokolay, 1997; Scott y McBoyle 2001; Inglés, 2004)	Empleados, estudiantes, amas de casa		Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•		Oficinas, escuelas, viviendas	Cálido	•							•

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 3 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)										
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D.1. Clima	D.2. Variables									
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores		C.3. Tipo de Edificio	D.21. T.B.S.	D.22. H.R.	D.23. V.V.	D.24. R.S.	D.25. T.G.N.	D.25. T.B.H.	D.26. T.M.R.	D.27. P.V.	D.28. P.R.
Modelo biofísico	Índice de estrés calórico <i>HSI</i> [Belding/Hatch, 1955] (Auliciems y Szokolay, 1997)	No se estudiaron personas en el desarrollo	•	Pasiva, moderada, intensa	Sin ropa	•	•	No se estudiaron edificios en el desarrollo	Húmedo Cálido Húmedo	•	•	•				•	•	
Modelo biofísico	Índice de esfuerzo térmico <i>TSI</i> [Lee, DHK, 1958] (Auliciems y Szokolay, 1997)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva	Ligero	•		Oficinas, escuelas, Viviendas	Húmedo Cálido Húmedo	•							•	
Modelo biofísico	Modelo de Budiko <i>BUDYKO'S MODEL</i> -Modelo geoclimático- [Budyko/Cicenco, 1960] (Blazejczyk K. S/A)	Modelo teórico		No incluido	No incluido		•	Modelo teórico	Todo tipo	•	•	•	•			•	•	
Modelo biofísico	Índice de estrés térmico <i>ITS</i> [Givoni, 1963] (Givoni, 1969; Auliciems y Szokolay, 1997)	Empleados, estudiantes, amas de casa, militares	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero, Ligeramente arropado	•	•	Oficinas, escuelas, Viviendas, edificios militares	Húmedo Cálido Húmedo	•	•	•	•			•	•	
Modelo biofísico	Ecuación de confort de Fanger <i>FCE</i> [Fanger, 1970/1982] (Auliciems y Szokolay, 1997; Mondelo <i>et al.</i> , 2001)	Empleados, estudiantes, amas de casa, militares	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•		Oficinas, escuelas, Viviendas, edificios militares	Todo tipo	•		•				•	•	
Modelo biofísico	Modelo de dos nodos <i>2-NODE MODEL-KSU</i> [Pierce,Gagge, 1971; Kansas State University, 1974] (Auliciems y Szokolay, 1997; Inglés, 2004)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Cámara climática	Cálido Frio	•	•	•	•			•	•	

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 4 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores		C.3. Tipo de Edificio	D.21. T.B.S.	D.22. H.R.	D.23. V.V.	D.24. R.S.	D.25. T.G.N.	D.26. T.B.H.	D.27. T.M.R.	D.28. P.V.
Índice de temperatura percibida	Temperatura percibida <i>PT</i> -Basado en PMV- [Jendritzky <i>et al.</i> , 2000] (de Dear y Spagnolo, 2005)	Personas: 35 años, 1,75 m 75 kg	•	Moderada	Ligero a ligeramente arropado		•	Espacios abiertos urbanos y suburbanos	Cálido seco Cálido húmedo	•	•	•	•			•	•
Índice de temperatura percibida	Nueva temperatura efectiva estándar para exteriores <i>OUT_SET*</i> [Pickup, 2000] (Pickup y de Dear, 2000)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado		•	Cámara climática	Húmedo Cálido Húmedo	•		•				Exteriores	•
Índice de temperatura percibida	Zona variable de confort térmico <i>ZVCT</i> [Chávez, 2000] (Chávez, 2000)	Estudio teórico Validado con 55 observaciones de empleados	•	Pasiva	Ligero, Ligeramente arropado		•	Oficina (Sótano)	Templado	•	•	•				•	•
Índice de temperatura percibida	Nuevo índice de viento frío <i>NWCI-New Wind Chill</i> [Indiana University, 2001] (Heidorn, 2001)	Seis hombres Seis mujeres (adultos)		Moderada	Muy abrigada		•	Cámara climática viento frío	Clima frío (Invierno)	•		•					
Índice de temperatura percibida	Índice climático para turismo <i>CIT-Freitas</i> -Basado en BIODEx- [Freitas, Scott, Boyle, 2003] (Matzarakis <i>et al.</i> , 2004)	34 Turistas	•	Intensa, moderada	Ligero		•	Espacios abiertos con funciones turísticas (playa)	Templado	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Índice de incomodidad <i>DI</i> -Variante de ET- [No disponible] (Inglés, 2004)	<i>No disponible</i>		Pasiva, moderada	<i>No disponible</i>		•	Cámara climática	Húmedo Cálido -Húmedo	•					•		

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 5 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)										
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.1. Interiores		C.3. Tipo de Edificio	D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.2. Exteriores	D.2.1. T.B.S.			D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.5. T.B.H.	D.2.6. T.M.R.	D.2.7. P.V.	D.2.8. P.R.	
Índice de temperatura percibida	Índice Húmedo-Seco <i>WD-Wet Dry-Oxford Index</i> [No disponible] (Cornell University Ergonomics Web, 2003; Inglés, 2004)	Empleados de la industria		Pasiva, moderada, intensa	Ligero, Ligeramente arropado	•		Espacios húmedos con ventilación mínima	Cálido húmedo	•					•			
Índice de temperatura percibida	Temperatura media de la piel <i>$\dot{T}_{sk}$</i> [No disponible] (Pandolf y Moran, 2005)	Personas con actividades en exteriores	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligeramente arropado a muy arropado		•	Espacios abiertos	Frío	•	•	•				•	•	
Modelo biofísico	Temperatura equivalente <i>E_{qT}</i> [Dufton, 1932] (Auliciems y Szokolay, 1997, Inglés, 2004)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•			Todo tipo	•		•				•		
Modelo biofísico	Balance cuerpo- ambiente térmico <i>HEPB</i> -Base para 2-node model y FCE- [Gagge, 1936] (Auliciems y Szokolay, 1997)	Modelo teórico	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Modelo teórico	Todo tipo	•	•	•	•			•	•	
Modelo biofísico	Calor equivalente <i>E_{qW}</i> [Bedford, 1936] (Bedford, 1936; Auliciems y Szokolay, 1997, Inglés, 2004)	Empleados de fábricas	•	Moderada	Ligero, Ligeramente arropado	•		Fábricas con trabajo ligero	Cálido seco	•	•	•				•		
Modelo biofísico	Relación de aceptación térmica <i>TAR</i> [Ionides, Plummer, Siple, 1945] (Auliciems y Szokolay, 1997, Inglés, 2004)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada, intensa	Sin ropa	•		<i>No disponible</i>	Cálido	•						•	•	

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 6 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE			C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)			D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.1. Interiores	C.2. Exteriores	C.3. Tipo de Edificio	D.1. Clima	D.2. Variables							
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento					D.2.1. T.B.S.	D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.6. T.B.H.	D.2.7. T.M.R.	D.2.8. P.V.
Modelo biofísico	Balance de energía individual- Munich <i>MEMI</i> -Utiliza PMV y PET- [Höppe, 1984] (Mayer y Höppe, 1987)	No se estudiaron personas en el desarrollo	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado		•	Espacios abiertos urbanos	Templado	•	•	•	•			•	•
Modelo biofísico	Índice de balance de energía de la temperatura de la piel <i>STEBIDEX</i> -Similar a SET- [Freitas, 1985] (Freitas, 1985; Amelung <i>et al.</i> , 2007)	Turistas 18 a 45 años 179 observaciones	•	Pasiva, Moderada	Ligero		•	Espacios abiertos con funciones turísticas (playa)	Cálido subhúmedo	•	•	•	•			•	•
Modelo biofísico	Intercambio de energía cuerpo-atmosfera <i>BIODEX</i> [Freitas/Ryken, 1989] (Freitas y Ryken, 1989 Pickup y de Dear, 2000)	Corredores	•	Intensa	Ligero		•	Pruebas a corredores en cámara climática	Cálido	•	•	•	•				
Modelo biofísico	Índice de balance de calor <i>HEBIDEX</i> -Similar a ITS- [Freitas, 1990] (Freitas, 1985; Amelung <i>et al.</i> , 2007)	Turistas 18 a 45 años 179 observaciones	•	Pasiva, Moderada	Ligero		•	Espacios abiertos con funciones turísticas (playa)	Cálido subhúmedo	•	•	•	•			•	•
Modelo biofísico	Intercambio de calor hombre-medioambiente <i>MENEX</i> [Blazejczyk/Krawczyk 1991] (Blazejczyk y Krawczyk, 1991; Inglés, 2004)	1 hombre, 40 años de edad	•	Pasiva, moderada	Ligeramente arropado		•	Espacios abiertos urbanos	Cálido húmedo Cálido subhúmedo	•	•	•	•			•	•
Modelo biofísico	Índice de esfuerzo fisiológico <i>PSI</i> [Moran, 1995] (Pandolf y Moran, 2005)	Bases de datos personas que hacen ejercicio	•	Moderada, intensa	Ligero a ligeramente arropado		•	Bases de datos Espacios abiertos	Cálido seco Cálido húmedo	• Rectal	•						

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 7 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.3. Tipo de Edificio		D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores		D.2.1. T.B.S.	D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.6. T.B.H.	D.2.7. T.M.R.	D.2.8. P.V.	D.2.9. P.R.
Modelo biofísico	Índice de almacenamiento potencial <i>PSIndex</i> -Basado en MENEX- [de Freitas, 1997] (Marques-Monteiro y Peinado-Alucci, 2007)	1 hombre, 40 años de edad	•	Pasiva, moderada	Ligero a muy arropado	•	•	Modelo teórico	Cálido húmedo Cálido subhúmedo	•		•				•	•
Modelo biofísico	Temperatura de la piel para balance térmico <i>STE</i> -Basado en MENEX- [de Freitas, 1997] (Marques-Monteiro y Peinado-Alucci, 2007)	1 hombre, 40 años de edad	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Modelo teórico	Cálido húmedo Cálido subhúmedo	•		•				•	•
Modelo biofísico	Temperatura fisiológica equivalente <i>PET</i> -Similar a ET*, se apoya en MEMI- [Höppe, 1999] (Höppe, 1999)	Modelo teórico	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado		•	Espacios abiertos urbanos	Templado	•		•				•	•
Modelo biofísico	Modelo de 65 nodos <i>65MN</i> -Basado en 25-node model- [Tanabe <i>et al.</i> , 2005] (Tanabe <i>et al.</i> , 2005)	Hombre promedio 75 kg Área corporal 1.870 m ² Cuerpo analizado en 16 segmentos	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Modelación termofisiológica con CFD (Computational fluid dynamics)	Todo tipo	•	•	•	•			•	•
Modelo biofísico	Índice universal de confort térmico <i>UTCI</i> -En desarrollo- [Jendrizky <i>et al.</i> , en desarrollo] (Jendrizky <i>et al.</i> , 2007)	Modelación termofisiológica	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Modelación termofisiológica	Todo tipo	•		•	•			•	•

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco; H.R.: Humedad relativa; V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 8 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)											
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.1. Interiores	C.2. Exteriores	C.3. Tipo de Edificio	D.1. Clima	D.2. Variables									
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento					D.2.1. T.B.S.	D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.5. T.B.H.	D.2.6. T.M.R.	D.2.7. P.V.	D.2.8. P.R.	
Modelo biofísico	Índice de Incomodidad térmica estimada <i>DISC</i> -ET-DISC- [Gagge, s/a] (Auliciems y Szokolay, 1997; Cornell University Ergonomics Web, 2003; Inglés, 2004)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a ligeramente arropado	•		Oficinas, escuelas, viviendas	Húmedo Cálido Húmedo	•		•						•	
Modelo biofísico	Modelo de 25 nodos <i>25-node model</i> [Stolwijk/Hardy, s/a] (Hedge, 2008)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Cámara climática	Cálido Frio		•	•	•	•			•	•	
Modelo biofísico	Modelo de 225 nodos <i>225 node-model</i> [Wissler, s/a] (Hedge, 2008)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Cámara climática	Cálido Frio		•	•	•	•			•	•	
Diagrama bioclimático	Temperatura efectiva corregida <i>CET</i> [ASHVE (ET), 1932, Vernon, 1932, Bedford, 1940] (Auliciems, 1969; Auliciems y Szokolay, 1997)	<i>No disponible</i>		Pasiva, moderada	Ligero, Ligeramente arropado	•		Cámara climática	Húmedo Cálido- Húmedo	•	•	•		•					
Diagrama bioclimático	Temperatura resultante <i>RT</i> [Missénard, 1935] (Auliciems y Szokolay, 1997)	Empleados, estudiantes, amas de casa		Pasiva	Ligero, Ligeramente arropado	•		Cámara climática	Templado		•	•	•			•			
Diagrama bioclimático	Tasa de sudoración para cuatro horas <i>P4SR</i> [Smith, 1955] (Auliciems y Szokolay, 1997)	Militares	•	Pasiva, moderada Intensa	Ligero, Ligeramente arropado	•		Cámara climática	Húmedo Cálido Húmedo	•		•				•	•		

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 9 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)			D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo Abreviatura en inglés -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.1. Interiores	C.2. Exteriores	C.3. Tipo de Edificio	D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento					D.2.1. T.B.S.	D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.6. T.B.H.	D.2.7. T.M.R.	D.2.8. P.V.	
Diagrama bioclimático	Índice de Confort Ecuatorial <i>ECI</i> [Webb, 1959] (Auliciems y Szokolay, 1997)	Empleados, estudiantes, amas de casa		Pasiva Moderada	Ligero, Ligeramente arropado	•		Cámara climática	Frío Templado Cálido	•	•	•			•			
Diagrama bioclimático	Carta Bioclimática <i>Olgay</i> -Basado en ET- [Olgay/Olgay, 1963] (Olgay, 1963)	No disponible		Pasiva Moderada	Ligero, Ligeramente arropado	•	•	Laboratorio	Templado (Herramienta de diseño bioclimático)	•	•	•	•		•		•	
Diagrama bioclimático	Índice tropical de verano <i>Tsi</i> -Similitudes con WBGT- [Roorke, 1987, India] (Auliciems y Szokolay, 1997)	Empleados, estudiantes, amas de casa		Pasiva Moderada	Ligero, Ligeramente arropado	•		Cámara climática	Húmedo Cálido- Húmedo	•	•	•		•				
Diagrama bioclimático	Triángulos de confort -Basado en Edholm, 1968- [Evans y de Schiller, 1988] (Evans, 2003, 2007)	No se estudiaron personas en el desarrollo		Pasiva	Ligeramente arropado	•		Modelo teórico	Todo tipo (Herramienta de diseño bioclimático)	•	•							
Índice de sensación térmica	Fórmula de Confort <i>COMFA</i> [Brown/Gillespie, 1954] (Brown y Gillespie, 1954, 1986)	No se estudiaron personas en el desarrollo	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado		•	No se estudiaron edificios en el desarrollo	Frío Templado	•	•	•	•				•	
Índice de sensación térmica	Temperatura de globo de bulbo húmedo <i>WBGT</i> [Yaglou/Minard, 1957] (Auliciems y Szokolay, 1997; Mondelo <i>et al.</i> , 2001)	Militares marinos, mayoría hombres		Moderada e intensa	Uniforme militar, ropa militar de ejercicio	•	•	Áreas de entrenamiento militares, interiores y exteriores	Húmedo Cálido Húmedo	•			Exteriores	•	•			

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 10 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)										
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.3. Tipo de Edificio		D.1. Clima	D.2. Variables									
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores		D.21. T.B.S.	D.22. H.R.	D.23. V.V.	D.24. R.S.	D.25. T.G.N.	D.25. T.B.H.	D.26. T.M.R.	D.27. P.V.	D.28. P.P.	
Índice de sensación térmica	Índice de esfuerzo relativo <i>RSI</i> [Lee/Henschel, 1963] (Auliciems y Szokolay, 1997)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, moderada	Ligero, Ligeramente arropado	•	Cámara climática	Húmedo Cálido Húmedo	•		•	•					•	
Índice de sensación térmica	Predicción del voto promedio <i>PMV</i> [Fanger, 1970] -Pierce,Fanger:ISO 7730- (Fanger, 1970; Auliciems y Szokolay, 1997; Inglés, 2004; ISO 7730:2005)	Pierce/Fanger: Empleados, habitantes de vivienda Fanger: militares israelitas	•	Pasiva, Con ajustes en la ecuación: moderada e intensa	Ligero, Ligeramente arropado	•	Cámara climática	Templado Cálido- extremo Frio -extremo	•		•						•	•
Índice de sensación térmica	Sensación termal <i>TSENS</i> [Yale University, 1970] (Inglés, 2004)	Modelo experimental	•	Pasiva, Moderada, Intensa	No incluido	•	Modelo experimental	Clima cálido Clima frío		•	•	•					•	
Índice de sensación térmica	Tablas de Mahoney <i>Modelo de confort variable</i> [Mahoney <i>et al.</i> , 1971] (Evans, 2003, 2007)	<i>No disponible</i>	•	Pasiva, Moderada	Ligero, Ligeramente arropado	•	<i>No disponible</i> (Herramienta de diseño bioclimático)	Todo tipo (Incluye precipitación pluvial)		•	•	•						
Índice de sensación térmica	Modelo de clima de Michel <i>KMM</i> -Basado en PMV- [Jendritzky,1979] (Jendritzky v Nübler,1979)	100 personas Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a ligeramente arropado	•	Espacios abiertos urbanos y suburbanos	Cálido		•	•	•	•				•	•

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 11 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo Abreviatura en inglés -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.3. Tipo de Edificio		D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores		D.21. T.B.S.	D.22. H.R.	D.23. V.V.	D.24. R.S.	D.25. T.G.N.	D.25. T.B.H.	D.26. T.M.R.	D.27. P.V.	D.28. P.R.
Índice de sensación térmica	Índice de humedad <i>Humidex</i> -Complemento WCI- [Masterson/Richarson, 1979] [Heidorn, 1998; Höppe, 1999; Inglés, 2004]	<i>No disponible</i>		Pasiva, Moderada, Intensa	Ligero, Ligeramente arropado		•	Espacios exteriores	Frio (verano)	•	•						
Índice de sensación térmica	Índice climático de turismo <i>TCI</i> [Mieczkowski, 1985] (Scott y McBoyle 2001)	Turistas en espacios abiertos	•	Pasiva, moderada Intensa	Ligero, Ligeramente arropado		•	Turistas en espacios abiertos	Todo tipo	•	•	•				•	
Índice de sensación térmica	Índice de calentamiento lento de verano SSI/ [NOAA-Pepi, 1987] (Pepi, 2000)	Empleados, estudiantes, amas de casa, militares		Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•		Experimental	Cálido (Temperatura baja en la noche)	•	•						
Índice de sensación térmica	Nuevo índice de calentamiento lento de verano WSSI/ [NOAA-Pepi, 2000] (Pepi, 2000)	Empleados, estudiantes, amas de casa, militares		Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Experimental	Cálido seco	•	•						
Índice de sensación térmica	Índice de temperatura-humedad <i>THI</i> [Rosendal, 2002] (Auliciems y Szokolay, 1997; Inglés, 2004)	Empleados, estudiantes, amas de casa		Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado		•	Espacios exteriores	Cálido Húmedo	•	•					•	

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de predicción de confort térmico, Parte 12 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo Abreviatura en inglés -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.1. Interiores		C.3. Tipo de Edificio	D.1. Clima	D.2. Variables							
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.2. Exteriores				D.2.1. T.B.S.	D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.6. T.B.H.	D.2.7. T.M.R.	D.2.8. P.V.
Índice de sensación térmica	Índice climático de turismo <i>TCI-Scott/McBoyle</i> [Scott y McBoyle 2001] (Scott y McBoyle 2001)	Turistas en espacios abiertos	•	Pasiva, moderada intensa	Ligero, Ligeramente arropado	•		Turistas en espacios abiertos	Todo tipo	•	•	•					•
Índice de impacto del ambiente térmico	Índice de Calor o Temperatura aparente <i>HI o TA</i> [Steadman, 1979] (Inglés, 2004)	Empleados, estudiantes, amas de casa		Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Oficinas, escuelas, viviendas	Cálido (Temperatura alta en la tarde)	•	•						
Índice de impacto del ambiente térmico	Tasa de sudoración requerida <i>SwReq</i> -Basado en FCE- -Hay una versión para Sevilla, 1992) [Vogt <i>et al.</i> , 1981] (Mondelo <i>et al.</i> , 2001; Marques-Monteiro y Peinado-Alucci, 2007)	Empleados de actividad ligera a pesada	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado	•	•	Espacios de fábricas	Cálido húmedo	•	•	•				•	•
Índice de impacto del ambiente térmico	Nuevo índice de esfuerzo fisiológico <i>NPSI</i> [Moran/Shitzer/Pandolf, 1999] (Pandolf y Moran, 2005)	Bases de datos personas que hacen ejercicio	•	Moderada, intensa	Ligero a ligeramente arropado		•	Bases de datos Espacios abiertos	Cálido seco Cálido húmedo	• Rectal	•						
Índice de impacto del ambiente térmico	Índice de estrés ambiental <i>ESI</i> -Basado en WBGT y NPSI- [Moran <i>et al.</i> , 2001] (Moran <i>et al.</i> , 2005)	Personas con actividades en exteriores	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligero, Ligeramente arropado		•	Espacios abiertos	Cálido seco Cálido húmedo	•	•	•					
Índice de impacto del ambiente térmico	Índice de esfuerzo por frío <i>CSI</i> -Basado en Tsk- [Pandolf/Moran, 2005] (Pandolf y Moran, 2005)	Personas con actividades en exteriores	•	Pasiva, moderada, intensa	Ligeramente arropado a muy arropado		•	Espacios abiertos	Frio	•	•						

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de adaptación de confort térmico, Parte 13 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.3. Tipo de Edificio		D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores		D.2.1. T.B.S.	D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.5. T.B.H.	D.2.6. T.M.R.	D.2.7. P.V.	D.2.8. P.R.
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>T_n</i> [Bedford, 1936] (Auliciems y Szokolay, 1997)	Empleados de la industria ligera	•	Moderada e intensa	Ligeramente arropado a muy arropado	•		Edificios de uso industrial ligero	Frío	•	•	•			•		
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>T_n-Humphreys</i> -200 mil observaciones- [Humphreys, 1975, 1976] (Humphreys, 1976; Auliciems y Szokolay, 1997)	Empleados, obreros, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada e intensa	Ligero a muy arropado	•		Oficinas, fábricas, escuelas, vivienda	Cálido seco y húmedo Templado Frío	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>T_n-Auliciems</i> [Auliciems, 1981] (Auliciems, 1981a, Auliciems y Szokolay, 1997; Inglés, 2004; Gómez-Azpeitia <i>et al.</i> , 2007)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada e intensa	Ligero a muy arropado	•		Oficinas, fábricas, escuelas, vivienda	Cálido seco y húmedo. Cálido subhúmedo Templado Frío	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>T_n-Griffiths</i> [Griffiths, 1990] (Griffiths, 1990; Chávez, 2000)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada	Ligero a muy arropado	•		Oficinas, escuelas, vivienda	Templado	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>T_n-Nicol</i> -Pakistan- [Nicol <i>et al.</i> , 1993] (Nicol <i>et al.</i> , 1998; Humphreys <i>et al.</i> , 2007)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada	Ligero a muy arropado	•		Oficinas, vivienda	Cálido Semicálido	•	•		•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral para exteriores <i>T_{ne}</i> -Basado en Humphreys, 1975- [Arostegui, 1995] (Mondelo <i>et al.</i> , 2001; Marques-Monteiro y Peinado-Alucci, 2007)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva	Ligeramente arropado	•		Espacios exteriores plazas, parques	Templado	•	•	•	•				

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de adaptación de confort térmico, Parte 14 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)		D. CONTEXTO (Hábitat)									
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.3. Tipo de Edificio		D.1. Clima	D.2. Variables								
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores		D.2.1. T.B.S.	D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.6. T.B.H.	D.2.7. T.M.R.	D.2.8. P.V.	
Índice de temperatura percibida	Temperatura de confort en exteriores <i>Noguchi</i> [Noguchi/Givoni, 1995] (Noguchi y Givoni, 1997)	Empleados de la corporación Fujita Tres hombres Tres mujeres	•	Pasiva, moderada	Ligero a muy arropado	•	Espacios exteriores de descanso de la Corporación Fujita	Cálido Húmedo	•	•	•	•			•		
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>Tn-Ansi/Ashrae 55</i> -21 mil observaciones- [de Dear <i>et al.</i> , 1998] (de Dear <i>et al.</i> , 1998; Humphreys <i>et al.</i> , 2007)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada e intensa	Ligero a muy arropado	•	Oficinas, fábricas, escuelas, vivienda	Cálido húmedo Cálido seco Semicálido Templado Frío	•	•	•		•			•	
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>Tn-ABNOX</i> -20 mil observaciones- [Oseland, 1998] (Humphreys <i>et al.</i> , 2007)	Empleados	•	Pasiva, Moderada	Ligero	•	Oficinas	Templado húmedo	•	•	•		•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>Tn-Humphreys/Nicol</i> [Humphreys/Nicol, 2000] (Humphreys y Nicol, 2000)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada	Ligero a muy arropado	•	Oficinas, vivienda	Cálido Semicálido	•	•			•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura de confort en exteriores <i>Saaroni-TelAviv</i> [Saaroni, 2000] (Saaroni <i>et al.</i> , 2004)	Cinco hombres Cinco mujeres	•	Pasiva, moderada	Ligero		Espacios exteriores de parques	Cálido subhúmedo	•	•	•	•			•		
Índice de temperatura percibida	Temperatura de confort en exteriores <i>Feller-Kibbutz</i> [Feller, 2000] (Givoni <i>et al.</i> , 2003)	Siete hombres Siete mujeres	•	Pasiva, moderada	Ligero		Espacios exteriores de la ciudad	Cálido seco extremo	•	•	•	•			•		

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar; T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

Anexo A: Características de modelos de adaptación de confort térmico, Parte 15 de 15. Fuente: Bojórquez, (2010).

A. ASPECTOS GENERALES		B. CARACTERÍSTICAS DEL HABITANTE				C. OBJETO HABITABLE (Espacio-Envolvente)			D. CONTEXTO (Hábitat)								
A.2. Tipo de modelo	A.3. Nombre del modelo <i>Abreviatura en inglés</i> -Nota- [Autor del modelo, año] (Fuente de la información)	B.1. Tipo de habitante	B.2. Metabolismo	B.3. Aspectos Circunstanciales		C.3. Tipo de Edificio			D.1. Clima	D.2. Variables							
				B.3.1. Nivel de actividad	B.3.2. Tipo de Arropamiento	C.1. Interiores	C.2. Exteriores	D.2.1. T.B.S.		D.2.2. H.R.	D.2.3. V.V.	D.2.4. R.S.	D.2.5. T.G.N.	D.2.5. T.B.H.	D.2.6. T.M.R.	D.2.7. P.V.	D.2.8. P.R.
Índice de temperatura percibida	Temperatura de confort en exteriores <i>Pochter-Kibbutz</i> [Pochter <i>et al.</i> , 2000] (Givoni <i>et al.</i> , 2003)	18 hombres 18 mujeres	•	Pasiva, moderada	Ligero		•	Espacios exteriores de la ciudad	Cálido seco extremo	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>Tn-Bravo/González</i> [Bravo-Morales/ González-Cruz, 2000] (Bravo y González, 2000)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada	Ligero		•	Oficinas, escuelas, vivienda	Cálido seco Cálido húmedo	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>Tn-SCATS</i> [McCarney/ Nicol, 2001] (Humphreys <i>et al.</i> , 2007)	Empleados	•	Pasiva, Moderada	Ligero a muy arropado		•	Oficinas	Templado Húmedo Frío	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Voto de sensación actual <i>ASV-RUROS</i> [Nikolopoulou <i>et al.</i> , 2004] (Nikolopoulou, 2004)	Usuarios de parques y espacios exteriores		Pasiva, moderada, intensa	Ligero a muy arropado		•	Parques y espacios exteriores	Templado Cálido Húmedo	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>Tn-Ruiz Torres</i> [Ruiz-Torres, 2007] (Ruiz-Torres, 2007)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada	Ligero		•	Vivienda	Cálido húmedo	•	•	•	•				
Índice de temperatura percibida	Temperatura neutral <i>Tn- CONAVI-México</i> [Gómez-Azpeitia <i>et al.</i> , 2008] (Gómez-Azpeitia <i>et al.</i> , 2009)	Empleados, estudiantes, amas de casa	•	Pasiva, Moderada	Ligero a muy arropado		•	Vivienda de construcción en serie	Cálido seco Cálido húmedo	•	•	•	•				

Nota: las abreviaciones de los modelos es como se conocen por sus nombres en inglés. Simbología: T.B.S.: Temperatura de bulbo seco, H.R.: Humedad relativa, V.V.: Velocidad del aire; R.S.: Radiación solar, T.G.N.: Temperatura de globo negro; T.B.H.: Temperatura de bulbo húmedo; T.M.R.: Temperatura media radiante; P.V.: Presión de vapor; P.R.: Punto de rocío.

ANEXO B: DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO

MES / HORA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ENE	INTERIOR	11.1 °C	10.3 °C	9.6 °C	9.1 °C	8.6 °C	8.3 °C	8.0 °C	7.1 °C	7.3 °C	8.6 °C	11.0 °C	14 °C	16.7 °C	18.8 °C	20.1 °C	20.6 °C	20.3 °C	19.6 °C	18.4 °C	17.1 °C	15.7 °C	14.4 °C	13.2 °C	12.1 °C
	EXTERIOR	71%	74%	76%	78%	79%	80%	81%	84%	83%	79%	72%	62%	53%	46%	42%	40%	41%	44%	47%	52%	56%	60%	64%	68%
FEB	INTERIOR	12.7 °C	11.9 °C	11.2 °C	10.7 °C	10.3 °C	9.9 °C	9.7 °C	8.8 °C	9.4 °C	11.2 °C	14.0 °C	17.1 °C	19.8 °C	21.7 °C	22.8 °C	23.0 °C	22.5 °C	21.5 °C	20.2 °C	18.8 °C	17.4 °C	16.0 °C	14.7 °C	13.6 °C
	EXTERIOR	Muy_FR	Muy_FR	Ext_FR	Ext_FR	Ext_FR	Ext_FR	Ext_FR	Ext_FR	Ext_FR	Ext_FR	Muy_FR	FR	Lig_FR	Lig_FR	CT	CT	Lig_FR	Lig_FR	Lig_FR	Lig_FR	FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR
MAR	INTERIOR	16.1 °C	15.2 °C	14.5 °C	13.9 °C	13.4 °C	13.0 °C	12.6 °C	11.6 °C	12.8 °C	15.2 °C	18.2 °C	21.1 °C	23.5 °C	25.1 °C	25.9 °C	26.0 °C	25.5 °C	24.6 °C	23.4 °C	22.1 °C	20.7 °C	19.4 °C	18.2 °C	17.0 °C
	EXTERIOR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Ext_FR	Muy_FR	Muy_FR	FR	Lig_FR	CT	CT	CT	CT	CT	CT	Lig_FR	Lig_FR	Lig_FR	Lig_FR	FR	FR
ABR	INTERIOR	19 °C	18 °C	17 °C	16 °C	16 °C	16 °C	14 °C	15 °C	17 °C	20 °C	23.2 °C	26.1 °C	28.3 °C	29.6 °C	30.0 °C	29.8 °C	29.0 °C	27.8 °C	26.4 °C	24.9 °C	23.5 °C	22.1 °C	20.8 °C	19.7 °C
	EXTERIOR	70%	72%	75%	76%	78%	79%	83%	81%	75%	67%	57%	49%	43%	39%	38%	38%	41%	44%	48%	52%	56%	60%	64%	67%
MAY	INTERIOR	22.7 °C	21.8 °C	21.1 °C	20.5 °C	20.0 °C	19.6 °C	18.3 °C	19.7 °C	22.5 °C	26.0 °C	29.5 °C	32.4 °C	34.3 °C	35.3 °C	35.5 °C	34.9 °C	33.8 °C	32.4 °C	30.9 °C	29.2 °C	27.7 °C	26.2 °C	24.9 °C	23.7 °C
	EXTERIOR	73%	76%	77%	79%	81%	82%	85%	81%	74%	64%	54%	46%	41%	38%	38%	39%	42%	46%	51%	55%	59%	63%	67%	70%
JUN	INTERIOR	26.7 °C	25.8 °C	25.1 °C	24.5 °C	24.0 °C	22.1 °C	22.5 °C	24.3 °C	27.5 °C	31.3 °C	34.8 °C	37.7 °C	39.5 °C	40.3 °C	40.3 °C	39.6 °C	38.3 °C	36.8 °C	35.1 °C	33.4 °C	31.8 °C	30.3 °C	28.9 °C	27.7 °C
	EXTERIOR	74%	76%	78%	80%	81%	86%	85%	80%	72%	62%	52%	45%	40%	38%	38%	40%	43%	47%	52%	56%	60%	64%	68%	71%
JUL	INTERIOR	30.8 °C	30.0 °C	29.4 °C	28.8 °C	28.4 °C	28.0 °C	27.0 °C	28.5 °C	31.2 °C	34.5 °C	37.6 °C	40.1 °C	41.8 °C	42.6 °C	42.7 °C	42.1 °C	41.0 °C	39.7 °C	38.2 °C	36.7 °C	35.3 °C	34.0 °C	32.8 °C	31.7 °C
	EXTERIOR	70%	72%	73%	75%	76%	77%	79%	76%	69%	60%	52%	46%	42%	39%	39%	41%	44%	47%	51%	55%	58%	62%	65%	67%
AGO	INTERIOR	30.9 °C	30.1 °C	29.4 °C	28.9 °C	28.4 °C	28.1 °C	26.8 °C	27.7 °C	29.9 °C	32.9 °C	35.9 °C	38.6 °C	40.5 °C	41.6 °C	41.8 °C	41.5 °C	40.6 °C	39.5 °C	38.1 °C	36.7 °C	35.3 °C	34.0 °C	32.8 °C	31.8 °C
	EXTERIOR	70%	72%	74%	76%	77%	78%	81%	79%	73%	65%	57%	50%	45%	42%	41%	42%	44%	47%	51%	55%	58%	62%	65%	68%
SEP	INTERIOR	27.9 °C	27.1 °C	26.4 °C	25.8 °C	25.3 °C	24.9 °C	23.3 °C	23.7 °C	25.2 °C	27.9 °C	31.0 °C	34.0 °C	36.3 °C	37.8 °C	38.5 °C	38.4 °C	37.8 °C	36.8 °C	35.5 °C	34.1 °C	32.7 °C	31.3 °C	30.1 °C	28.9 °C
	EXTERIOR	76%	78%	81%	82%	84%	85%	90%	89%	84%	76%	67%	58%	51%	46%	44%	44%	46%	49%	53%	57%	62%	66%	69%	73%
OCT	INTERIOR	22.2 °C	21.3 °C	21 °C	20 °C	19 °C	19 °C	19 °C	17 °C	18 °C	20 °C	23.1 °C	26.1 °C	28.7 °C	30.6 °C	31.7 °C	31.9 °C	31.6 °C	30.8 °C	29.6 °C	28.3 °C	27.0 °C	25.6 °C	24.4 °C	23.2 °C
	EXTERIOR	74%	76%	79%	81%	82%	84%	85%	89%	86%	79%	70%	61%	53%	47%	44%	43%	44%	47%	50%	54%	59%	63%	67%	70%
NOV	INTERIOR	15 °C	14 °C	14 °C	13.0 °C	12.6 °C	12.2 °C	11.9 °C	11.0 °C	11.3 °C	12.8 °C	15 °C	18 °C	21 °C	23.4 °C	24.7 °C	25.1 °C	24.8 °C	23.9 °C	22.7 °C	21 °C	20 °C	19 °C	17 °C	16 °C
	EXTERIOR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Muy_FR	Ext_FR	Ext_FR	Muy_FR	Muy_FR	Lig_FR	Lig_FR	CT	CT	CT	CT	CT	Lig_FR	Lig_FR	Lig_FR	Lig_FR	FR	Muy_FR
DIC	INTERIOR	10.9 °C	10.0 °C	9.4 °C	8.8 °C	8.4 °C	8.0 °C	7.7 °C	7.5 °C	7.0 °C	8.1 °C	10.4 °C	13.2 °C	16 °C	18 °C	19.5 °C	20.1 °C	19.9 °C	19 °C	18 °C	17 °C	15 °C	14 °C	12.9 °C	11.8 °C
	EXTERIOR	71%	74%	76%	78%	80%	81%	82%	82%	84%	81%	73%	64%	55%	47%	43%	41%	42%	44%	47%	52%	56%	61%	65%	68%

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	FRÍO		TRANSICIÓN			CÁLIDO					TRANSICIÓN	
T. mín.	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Conf.	Conf.	Frío	Frío	Frío	Frío
T. prom.	Frío	Frío	Frío	Conf.	Conf.	Cálido	Cálido	Cálido	Conf.	Conf.	Frío	Frío
T. máx.	Conf.	Conf.	Conf.	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido	Conf.	Conf.

Anexo B.- Diagnóstico bioclimático para exteriores

[illegible]

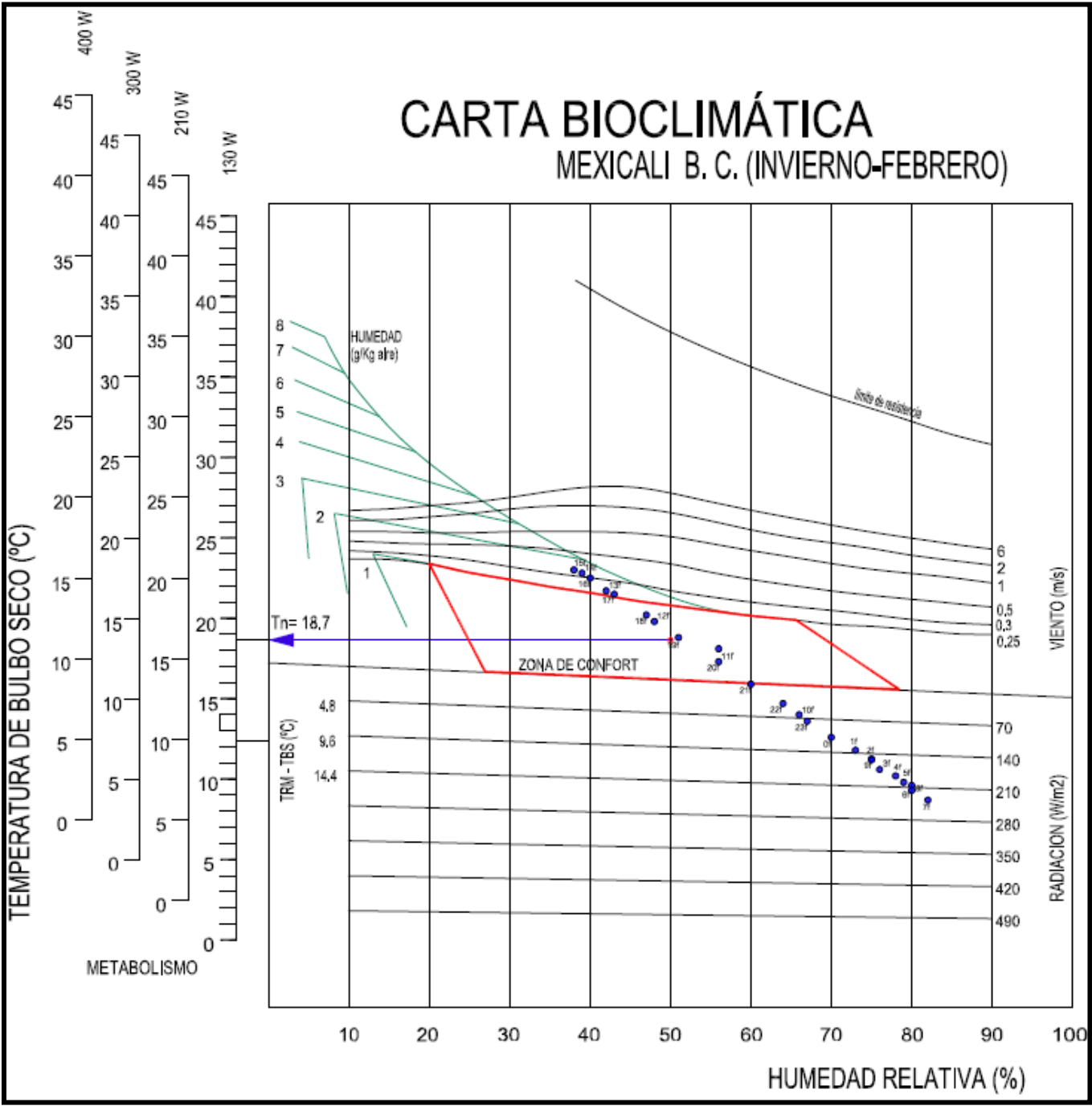
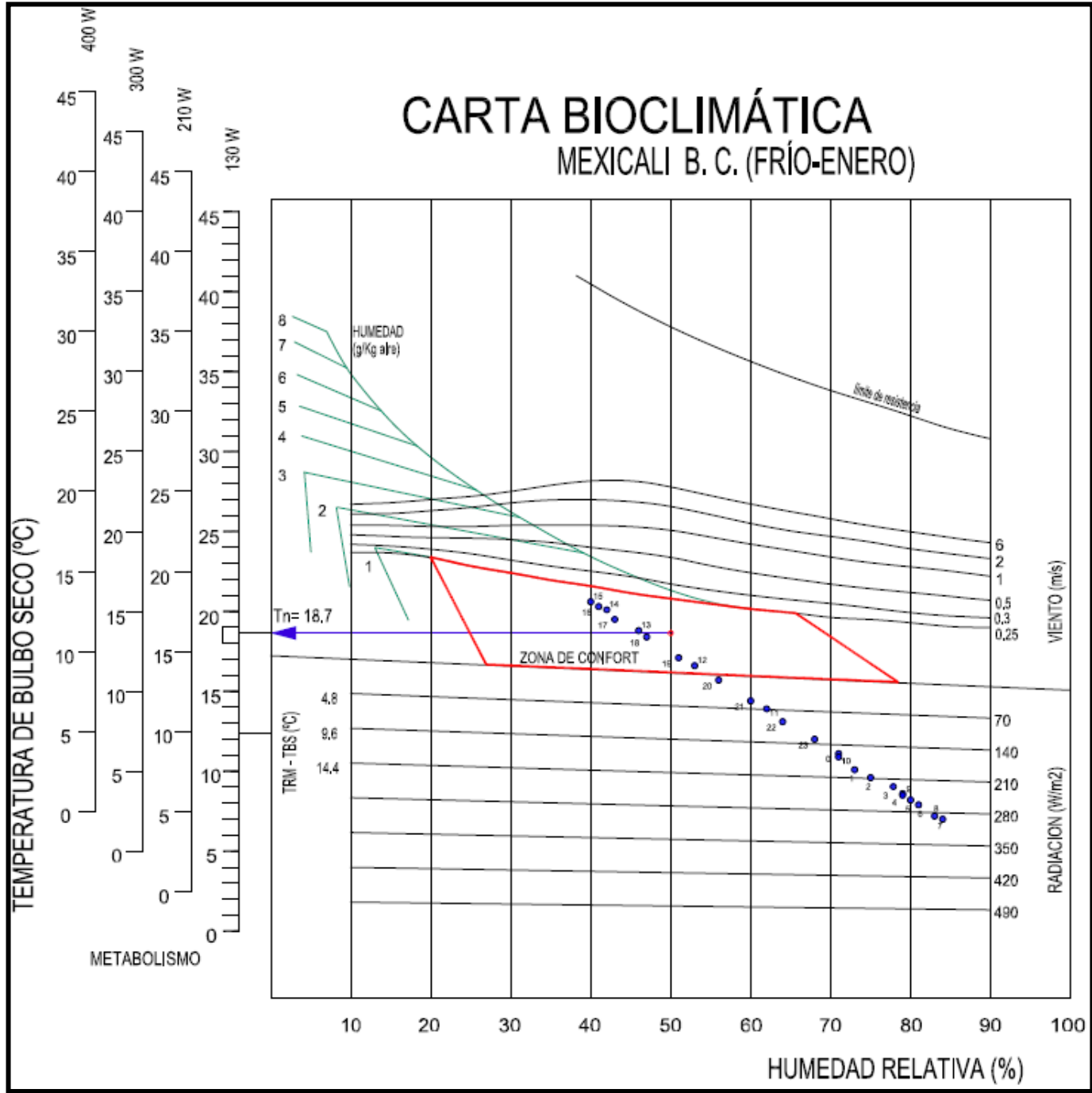
Hora	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00
C. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Temp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Hr	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Rs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estado	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort
Requerimiento	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo, barrera viento	Calentamiento pasivo, barrera viento	Protección viento, calentamiento solar pasivo	Protección viento, calentamiento solar pasivo	Viento, calentamiento pasivo, deshumidificar	Viento, calentamiento pasivo, deshumidificar	Protección viento, calentamiento pasivo, deshumidificar	Calentamiento pasivo, protección viento	Calentamiento pasivo	Calentamient o pasivo
Hora	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00	06:00
C. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Temp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Hr	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Rs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estado	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort
Requerimiento	Calentamiento solar pasivo	Calentamiento solar pasivo	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo, barrera viento	Protección viento, calentamiento solar pasivo	Protección viento, calentamiento solar pasivo	Viento, calentamiento pasivo, deshumidificar	Viento, calentamiento pasivo, deshumidificar	Calentamiento pasivo, deshumidificar	Calentamiento solar pasivo, protección viento	Calentamiento solar pasivo	Calentamient o solar pasivo
Hora	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00
C. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Temp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Hr	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Rs	X	X	X	X	X	@	@	@	X	X	X	X
Estado	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort
Requerimiento	Calentamiento solar pasivo	Calentamiento solar pasivo	Calentamiento solar pasivo, protección viento	Calentamiento pasivo, barrera viento	Protección viento, calentamiento solar pasivo	Protección viento	Protección viento	Viento, deshumidificar	Calentamiento pasivo, deshumidificar	Calentamiento solar pasivo, protección viento	Calentamiento solar pasivo	Calentamient o solar pasivo
Hora	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00
C. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Temp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Hr	X	X	X	X	@	@	@	@	X	X	X	X
C. Rs	X	X	X	X excesiva	@	X	X	X	@	X	X	X
Estado	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort
Requerimiento	Calentamiento solar pasivo	Calentamiento solar pasivo	Calentamiento solar pasivo	Protección viento, sombreado parcial	Protección viento, calentamiento solar pasivo	Protección viento, sombreado	Protección viento, sombreado parcial	Sombreado parcial	Calentamiento pasivo, deshumidificar	Sombreado parcial, protección viento	Calentamiento solar pasivo	Calentamient o solar pasivo
Hora	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00
C. Viento	X	X	X	X	X	X	@	X	X	X	X	X
C. Temp.	X	X	X	X	X	X	@	X	X	X	X	X
C. Hr	X	X	@	X	@	@	@	@	X	X	X	X
C. Rs	@	X	@	X excesiva	X	X	X	X	X	X	X	@
Estado	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Confort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort	Discomfort
Requerimiento	Calentamiento pasivo	Sombreado parcial	Calentamiento solar pasivo	Protección viento, sombreado parcial	Protección viento, sombreado	Protección viento, sombreado	-----	Sombreado	Sombreado	Sombreado parcial, protección viento	Calentamiento solar pasivo	Calentamient o pasivo
Hora	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
C. Viento	X	X	X	X	X	@	@	@	X	X	X	X

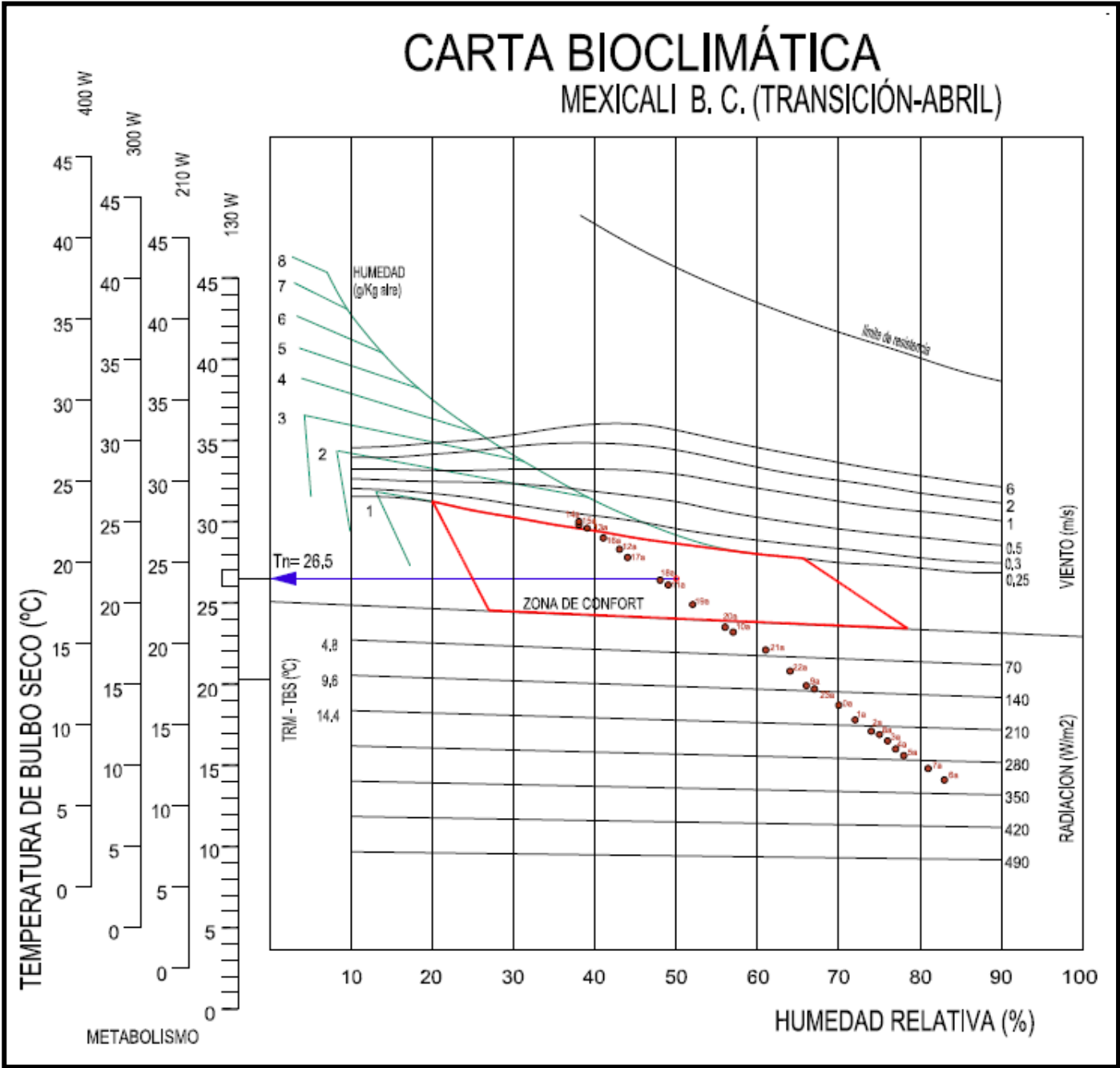
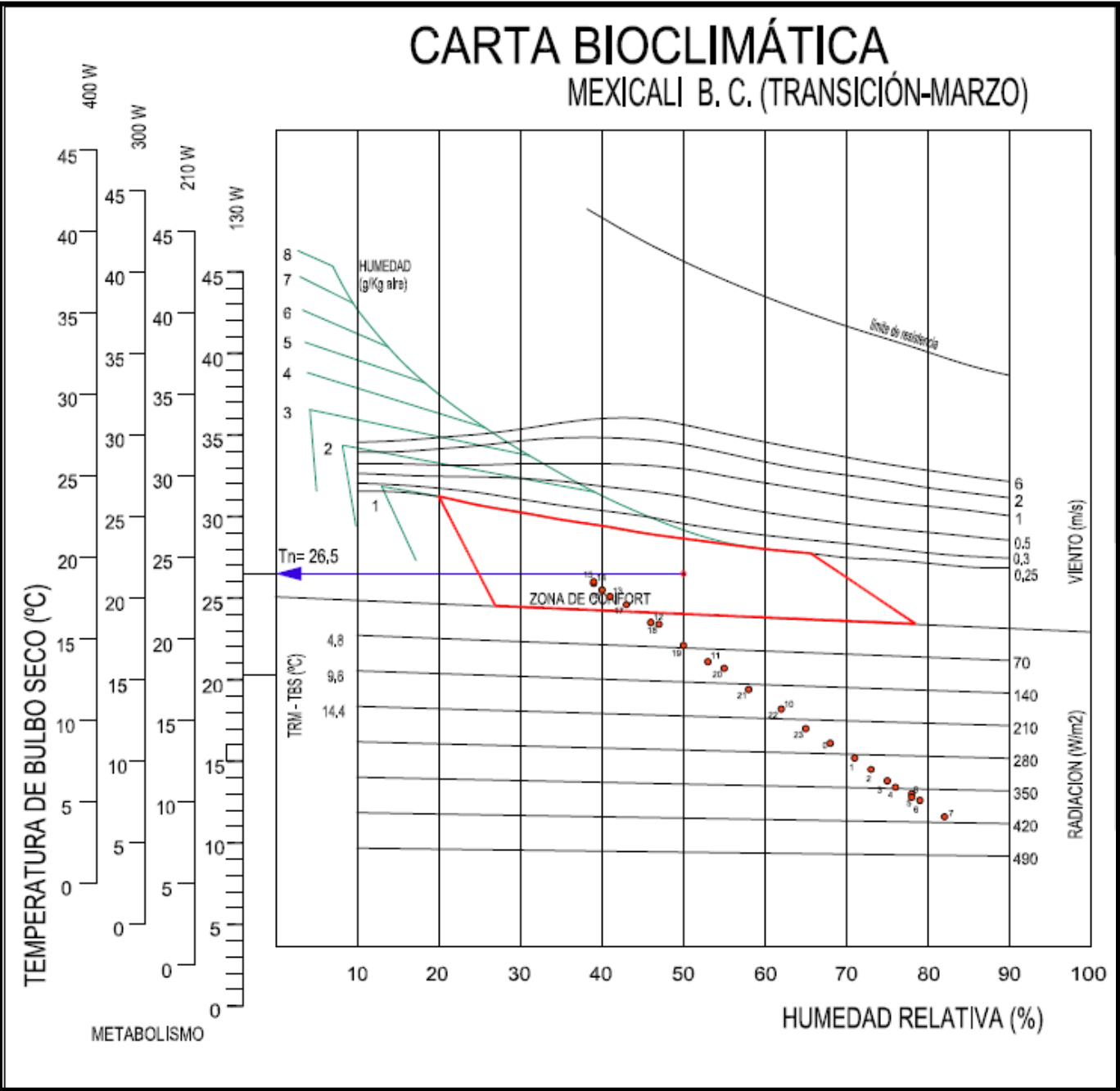
C. Temp.	X	X	X	X	X	@	@	@	X	X	X	X
C. Hr	X	@	@	X	@	@	@	@	X	@	@	X
C. Rs	X excesiva	X excesiva	X excesiva	X excesiva	X	X	X	X	X	X	@	X excesiva
Estado	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Confort	Confort	Confort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort
Requerimiento	Sombreado parcial	Sombreado parcial	Protección viento, sombreado parcial	Protección viento, sombreado parcial	Protección viento, sombreado	-----	-----	-----	Sombreado	Sombreado parcial, protección viento	Protección viento	Sombreado parcial
Hora	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
C. Viento	X	@	X	@	X	@	X	X	@	@	X	
C. Temp.	X	@	X	@	X	@	X	X	@	@	X	X
C. Hr	Dentro rango	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@	Dentro rango
C. Rs	X exesiva	@	X excesiva	@	X	X	X	X	X	@	X excesiva	X excesiva
Estado	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Confort	Confort	Disconfort	Disconfort
Requerimiento	Sombreado parcial	----	Protección viento, sombreado parcial	-----	Protección viento, sombreado	-----	Protección viento, sombreado	Protección viento, sombreado	-----	-----	Sombreado parcial, protección viento	Sombreado parcial
Hora	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
C. Viento	@	@	X	@	@	X	X	X	@	X	X	@
C. Temp.	@	@	X	@	@	X	X	X	@	X	X	@
C. Hr	@	@	@	@	@	X	@	@	@	@	@	@
C. Rs	@	@	X excesiva	@	X	X	X	X	X	X	X excesiva	@
Estado	Confort	Confort	Disconfort	Confort	Confort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Confort
Requerimiento	----	----	Protección viento, sombreado parcial	-----	-----	Protección viento, humidificación, sombreado	Protección viento, sombreado	Protección viento, sombreado	-----	Sombreado parcial, protección viento	Sombreado parcial, protección viento	----
Hora	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00
C. Viento	@	X	@	@	@	X	X	X	@	X	X	@
C. Temp.	@	X	@	X	@	X	X	X	@	X	X	@
C. Hr	@	X	@	X	@	X	@	@	@	@	@	@
C. Rs	@	X	@	X	X	X	X	X	X	X	X excesiva	@
Estado	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Confort
Requerimiento	----	Barrera contra viento, sombrear, humidificar	-----	Humidificar	-----	Protección viento, humidificación, sombreado	Protección viento, sombreado	Protección viento, sombreado	-----	Protección viento	Sombreado parcial, protección viento	----
Hora	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00
C. Viento	@	X	@	@	@	X	X	X	@	X	@	@
C. Temp.	@	X	@	X	@	X	X	X	@	X	@	@
C. Hr	@	X	@	X	@	X	@	@	@	@	@	@
C. Rs	@	X	@	X	X	X	X	X	X	X	@	@
Estado	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Confort
Requerimiento	----	Barrera contra viento, sombrear, humidificar	-----	Humidificar	-----	Protección viento, humidificación, sombreado	Protección viento, sombreado	Protección viento, sombreado	-----	Protección viento	-----	----

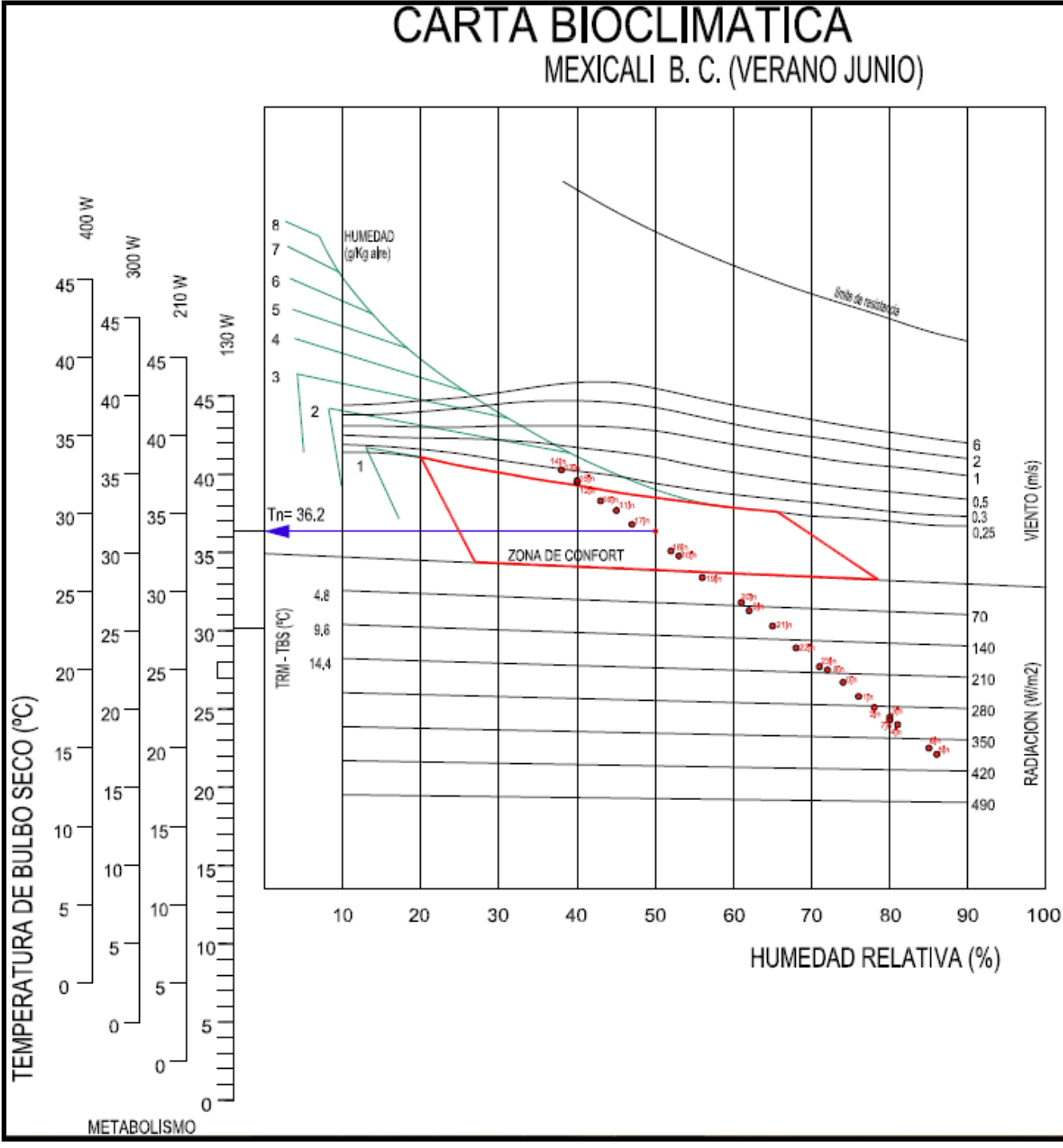
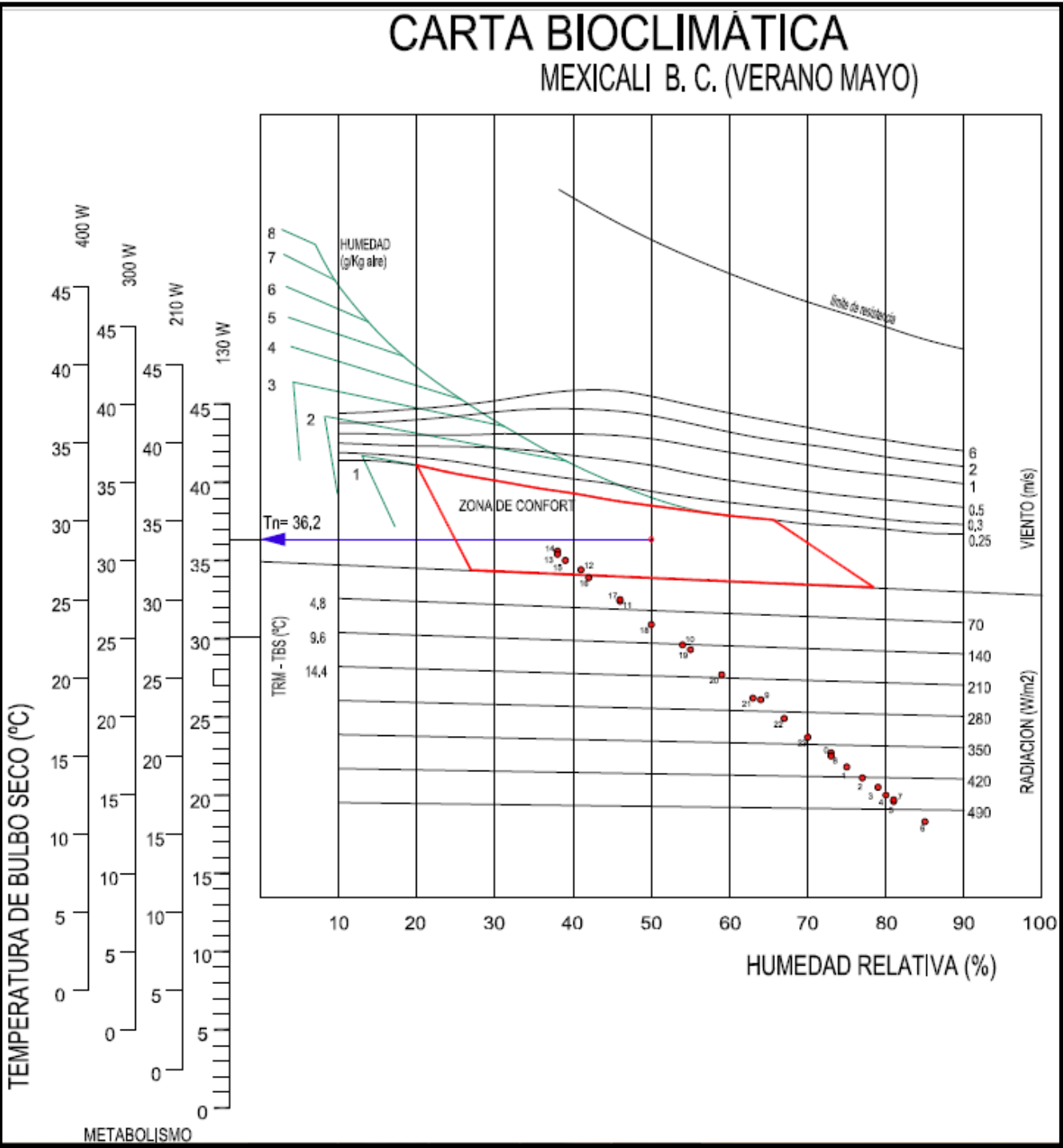
Hora	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00
C. Viento	@	X	@	@	@	X	X	X	@	X	@	@
C. Temp.	@	X	@	X	@	X	X	X	@	X	@	@
C. Hr	@	X	@	X	@	X	@	@	@	@	@	@
C. Rs	@	X	@	X	@	X	X	X	X	X	@	@
Estado	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Confort
Requerimiento	----	Barrera contra viento, sombrear, humidificar	-----	Humidificar	-----	Protección viento, humidificación, sombreado	Protección viento, sombreado	Protección viento, sombreado	-----	Protección viento	-----	----
Hora	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00
C. Viento	@	X	@	@	X	@	X	X	@	X	@	@
C. Temp.	@	X	@	@	X	@	X	X	@	X	@	@
C. Hr	@	X	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@
C. Rs	@	X	@	@	X	X	X	X	X	X	@	@
Estado	Confort	Disconfort	Confort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Confort
Requerimiento	----	Barrera contra viento, sombrear, humidificar	-----	-----	Protección viento, sombreado	-----	Protección viento, sombreado	Protección viento, sombreado	-----	Protección viento	-----	----
Hora	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00
C. Viento	@	X	@	@	X	@	X	X	@	X	X	@
C. Temp.	@	X	@	@	X	@	X	X	@	X	X	@
C. Hr	@	X	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@
C. Rs	@	X	@	@	X	@	X	X	X	X	X	@
Estado	Confort	Disconfort	Confort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Confort
Requerimiento	----	Barrera contra viento, sombrear, humidificar	-----	-----	Protección viento, sombreado	-----	Protección viento, sombreado	Protección viento	-----	Protección viento	Protección viento	----
Hora	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00
C. Viento	@	@	X	@	X	@	@	X	@	X	X	@
C. Temp.	@	@	X	@	X	@	@	X	@	X	X	@
C. Hr	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@
C. Rs	@	@	@	@	X	@	X	X	X	X	X	@
Estado	Confort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Confort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Confort
Requerimiento	----	----	Protección viento	-----	Protección viento	-----	-----	Protección viento	-----	Protección viento	Protección viento	----
Hora	19:00	19:00	19:00	19:00	19:00	19:00	19:00	19:00	19:00	19:00	19:00	19:00
C. Viento	@	@	X	@	X	X	@	@	@	@	X	@
C. Temp.	@	@	X	@	X	X	@	@	@	@	X	@
C. Hr	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@
C. Rs	@	@	X	@	X	@	X	X	X	X	X	@
Estado	Confort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Confort	Confort	Confort	Confort	Disconfort	Confort
Requerimiento	----	----	Calentamiento pasivo, protección viento	-----	Protección viento	Protección viento	-----	-----	-----	-----	Protección viento	----
Hora	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00
C. Viento	X	@	X	X	X	X	@	@	X	@	X	X

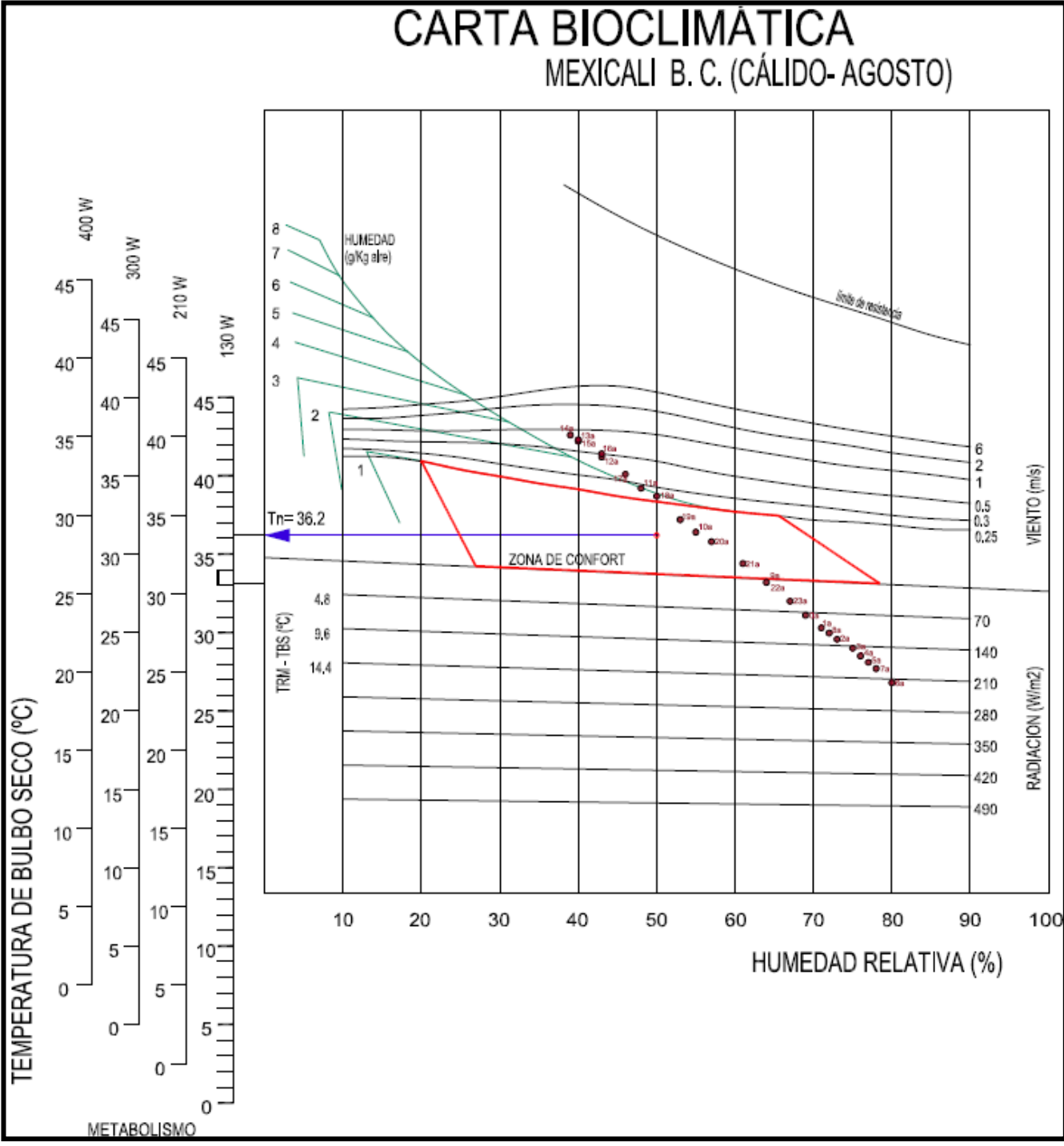
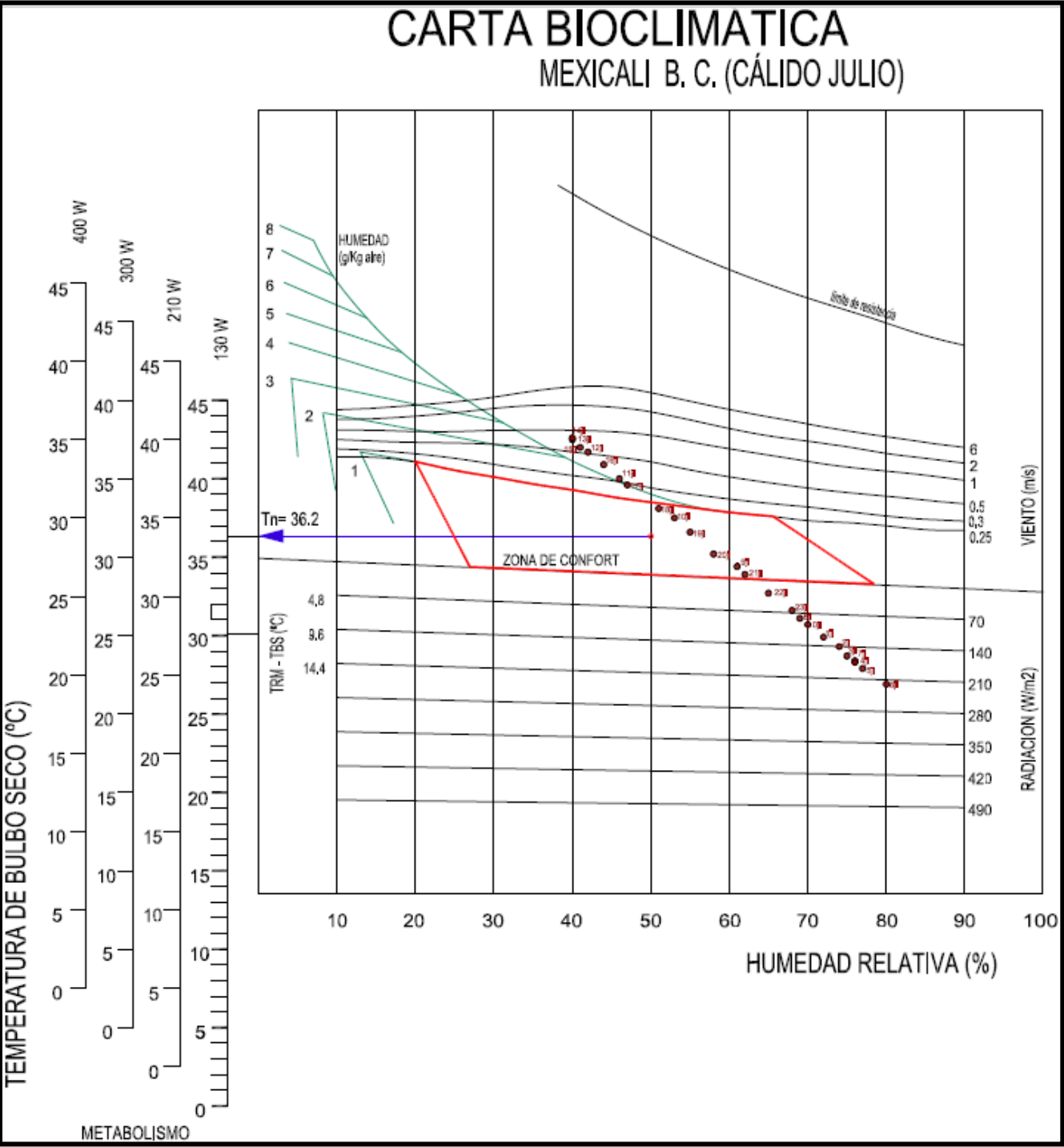
C. Temp.	X	@	X	X	X	X	@	@	X	@	X	X
C. Hr	X	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@	X
C. Rs	X	@	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estado	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Confort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort
Requerimiento	Calentamiento pasivo	----	Calentamiento pasivo, protección viento	Calentamiento pasivo, protección viento	Protección viento	Protección viento	-----	-----	Protección viento	-----	Protección viento	Calentamient o pasivo
Hora	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00
C. Viento	X	X	X	X	X	X	@	@	X	@	X	X
C. Temp.	X	X	X	X	X	X	@	@	X	@	X	X
C. Hr	X	@	@	@	@	@	@	@	@	@	@	X
C. Rs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estado	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Confort	Confort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort
Requerimiento	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo, protección viento	Calentamiento pasivo, protección viento	Protección viento, calentamiento pasivo	Protección viento	-----	-----	Protección viento	-----	Calentamiento pasivo, protección viento	Calentamient o pasivo
Hora	22:00	22:00	22:00	22:00	22:00	22:00	22:00	22:00	22:00	22:00	22:00	22:00
C. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	@	X	X
C. Temp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	@	X	X
C. Hr	X	X	@	@	@	@	@	@	@	@	@	X
C. Rs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estado	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Confort	Disconfort	Disconfort
Requerimiento	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo, protección viento	Calentamiento pasivo, protección viento	Protección viento, calentamiento pasivo	Protección viento	Protección viento	Protección viento	Protección viento	-----	Calentamiento pasivo, protección viento	Calentamient o pasivo
Hora	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00
C. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Temp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C. Hr	X	X	@	@	@	@	@	@	@	@	@	X
C. Rs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estado	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort	Disconfort
Requerimiento	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo	Calentamiento pasivo, protección viento	Calentamiento pasivo, protección viento	Protección viento, calentamiento pasivo	Protección viento	Protección viento	Protección viento	Protección viento	Protección viento	Calentamiento pasivo, protección viento	Calentamient o pasivo

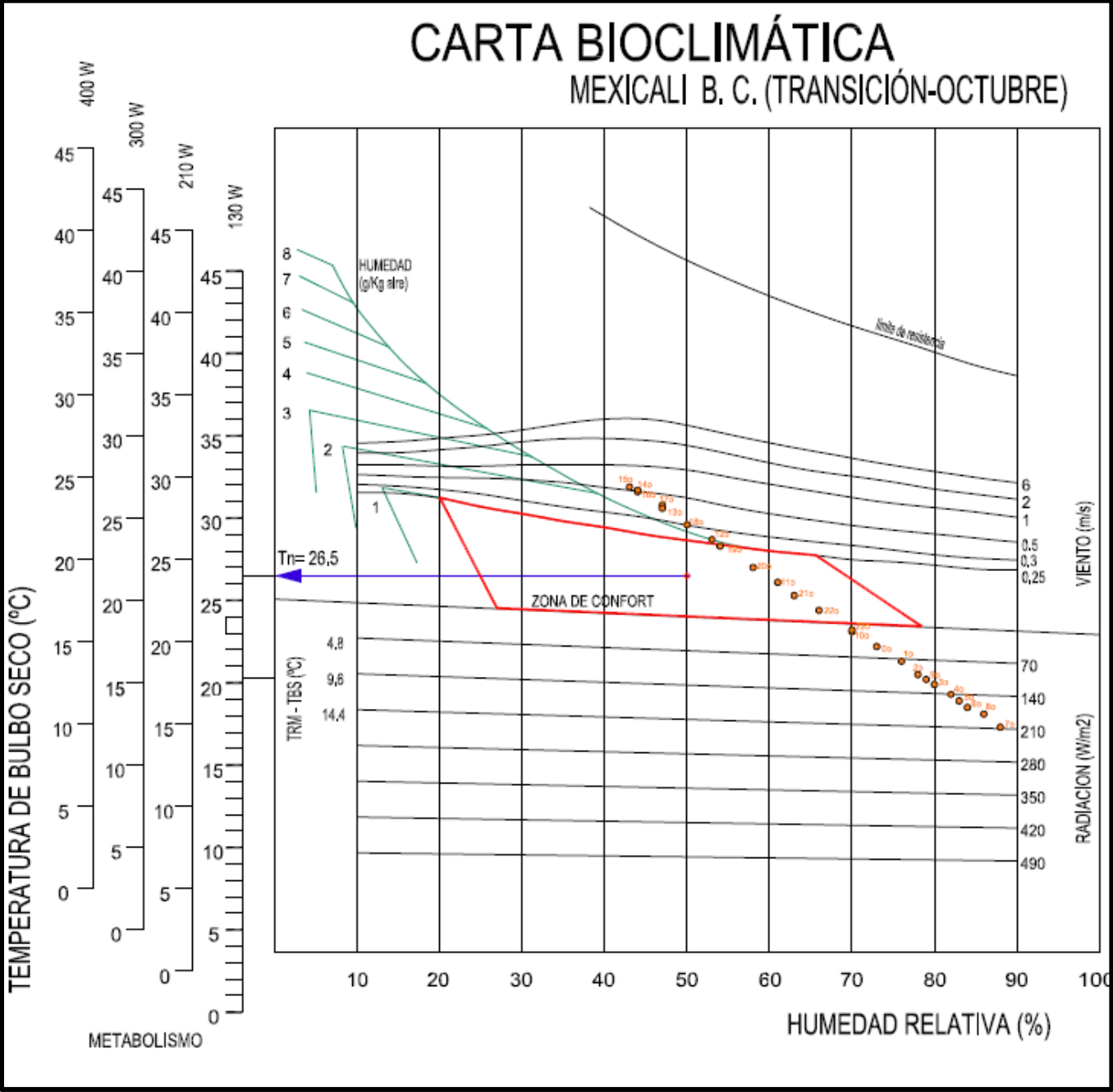
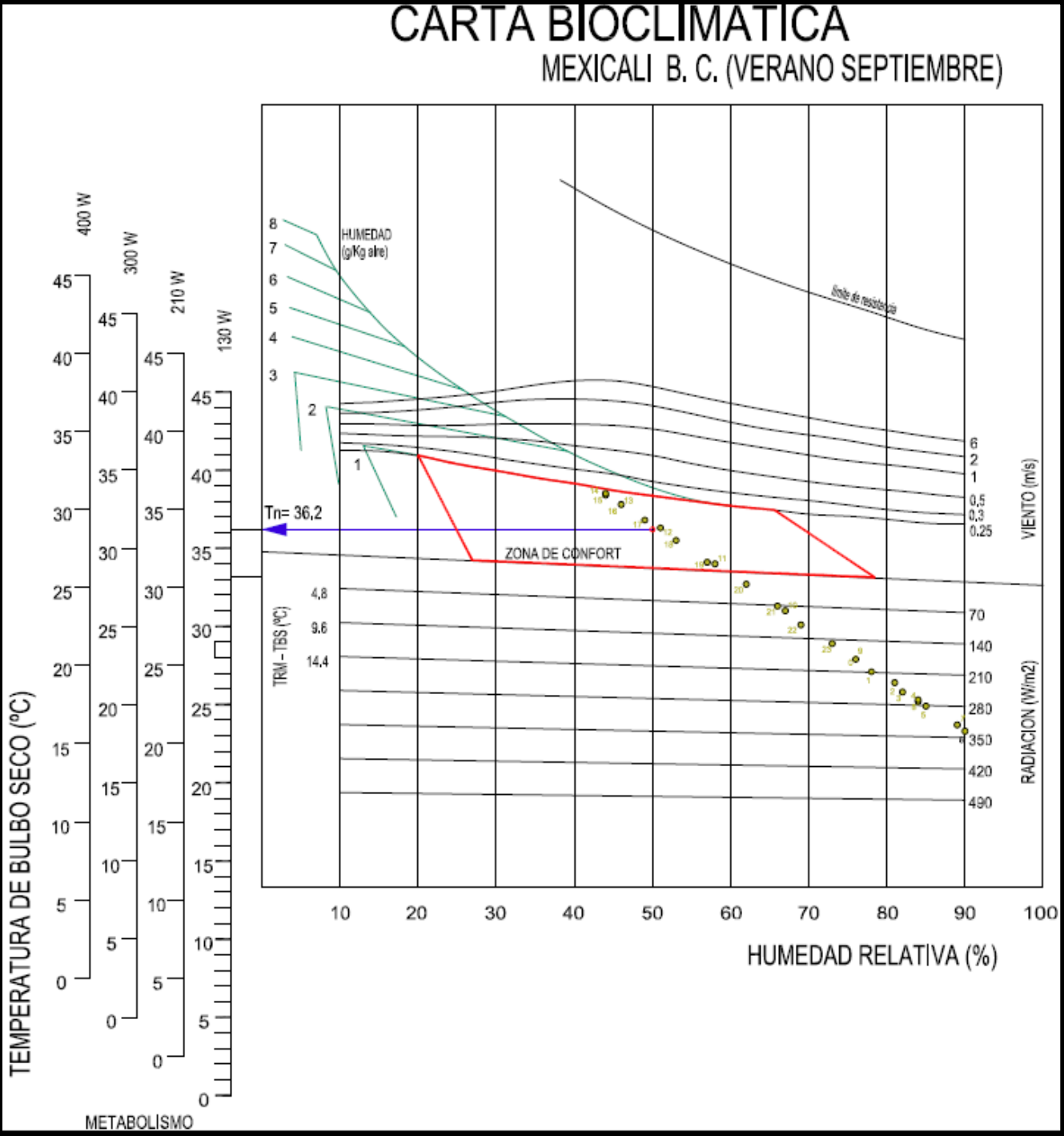
a) Nomogramas bioclimáticos mensuales para Mexicali

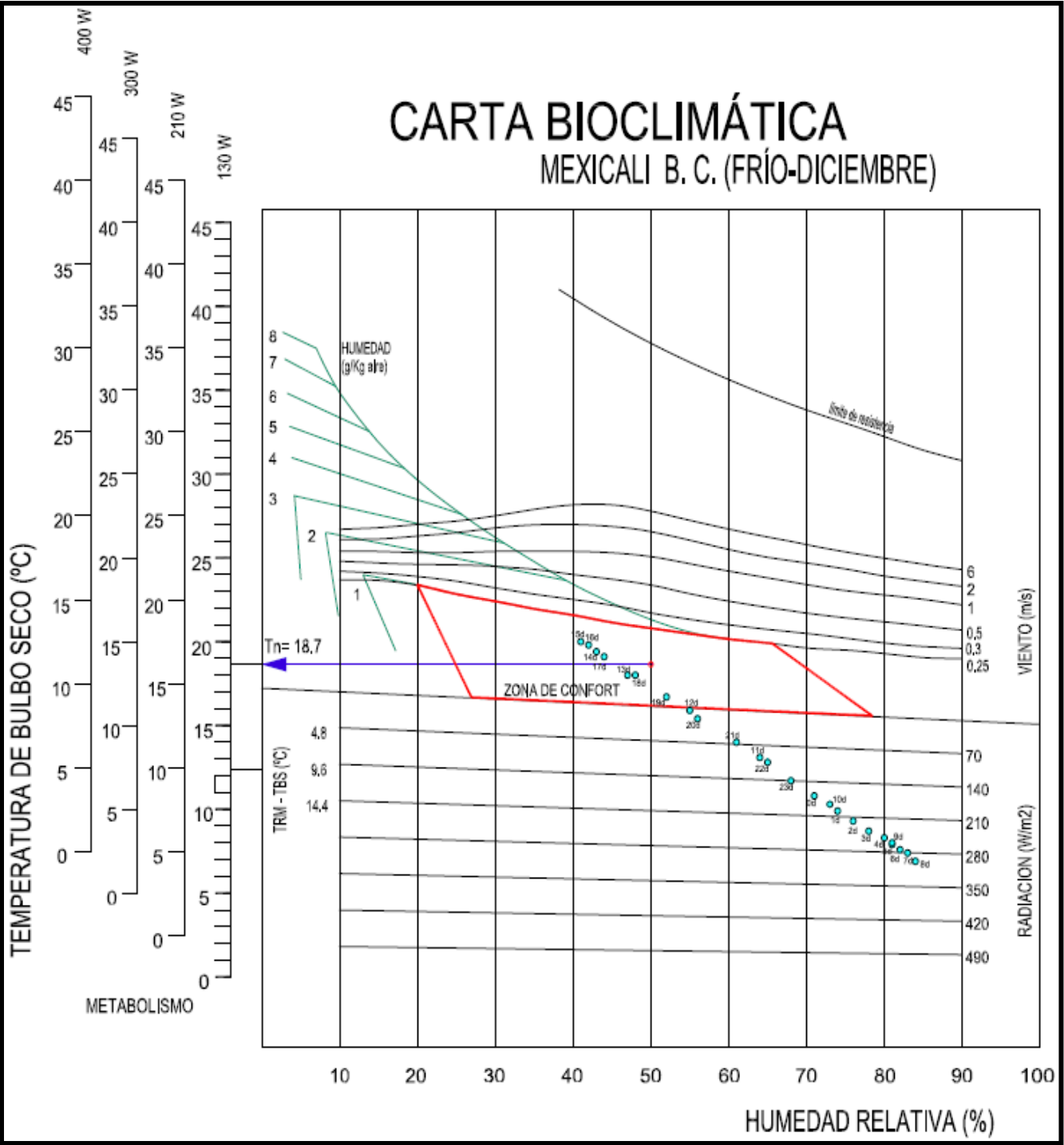
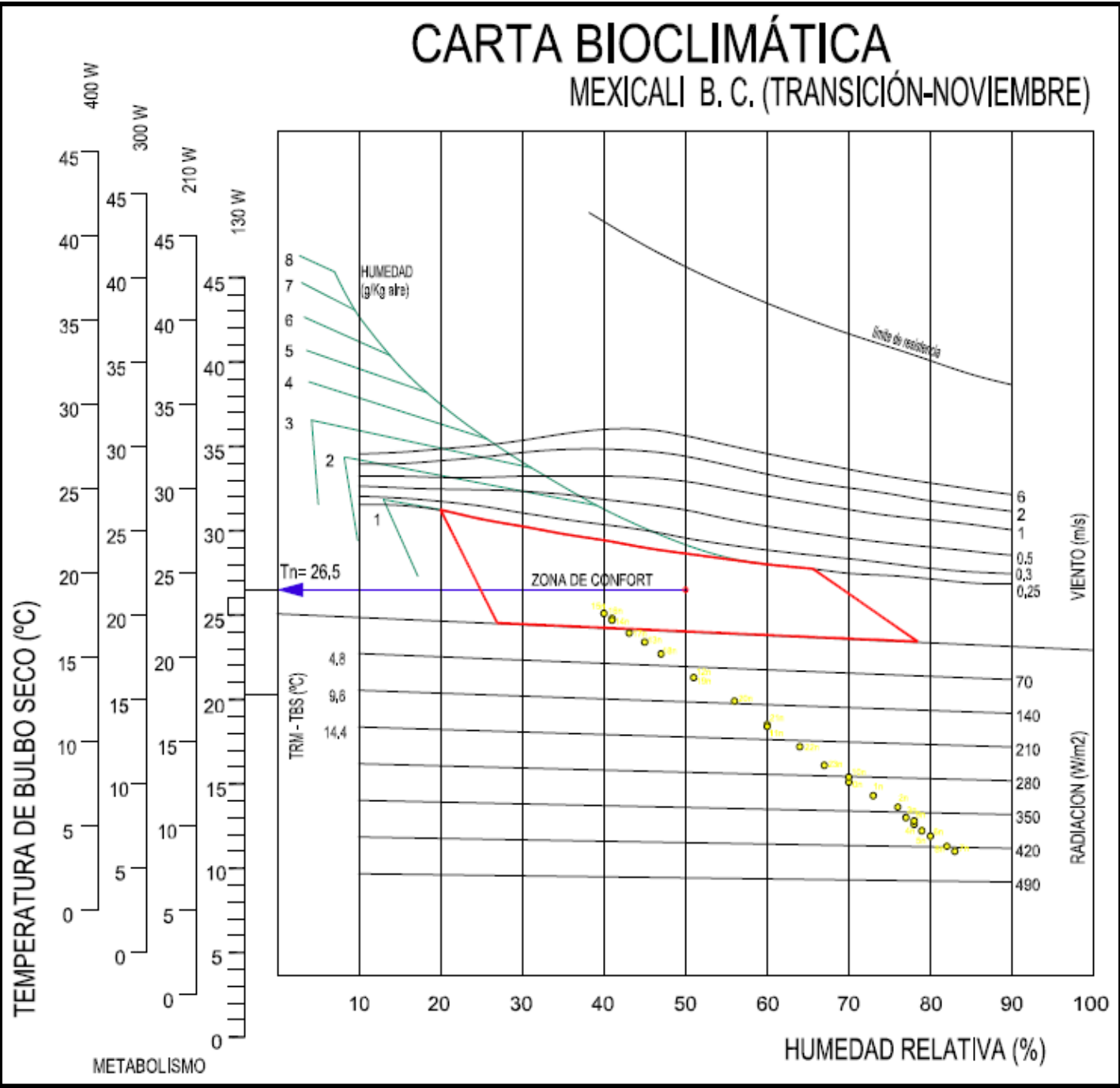






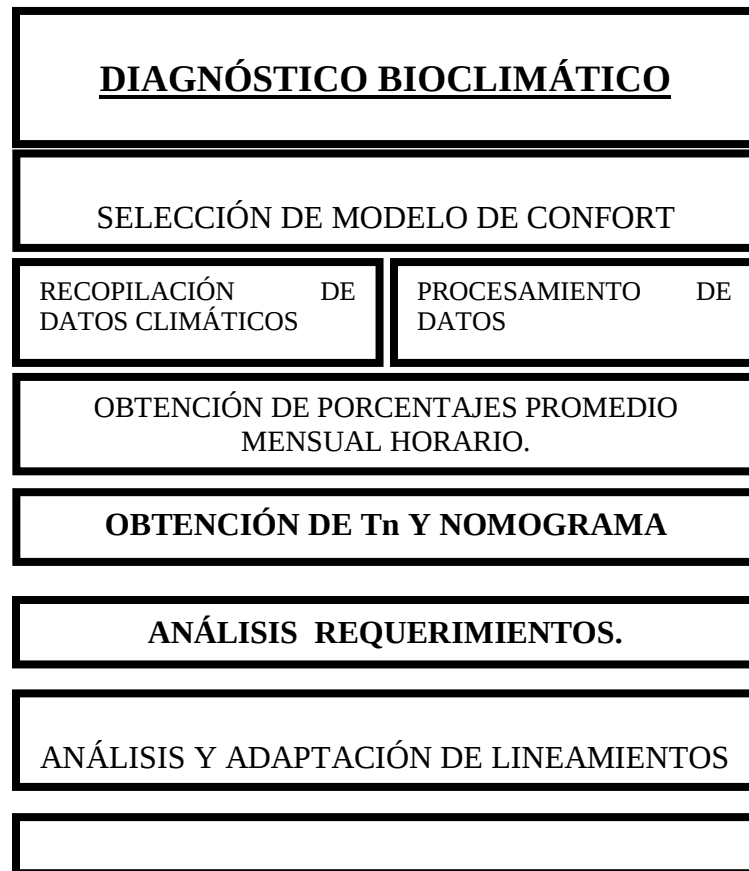






- Diagnóstico bioclimático

Para el desarrollo del diagnóstico bioclimático, se basó en el trabajo y metodología de los hermanos Olgyay (1963), el cual permitió establecer los requerimientos y estrategias para el diseño de los espacios públicos exteriores. En la figura 12 se observa las acciones realizadas para el desarrollo del diagnóstico.



Fuente: Elaboración propia

Anexo B1.- Desarrollo de diagnóstico bioclimático.

Al analizar los datos meteorológicos resultado del diagnóstico se establecieron periodos de estudio por sensación térmica en base a los comportamientos climáticos donde se identificaron cuatro con características similares entre los meses que los componen

Datos meteorológicos y procesamiento

Para el desarrollo del diagnóstico bioclimático, se utilizaron los archivos meteorológicos de temperatura promedio, velocidad de viento y radiación solar, datos proporcionados por Luna (2013), obtenidos a través de Meteonorm; dicho programa interpola

la información entre diferentes estaciones certificadas por la Organización Meteorológica Mundial. Como herramienta de trabajo se utilizó la hoja de cálculo desarrollada por Luna (2008) para el análisis climático.

Además, para los cálculos de temperaturas horarias media mensual, y humedad relativa se realizó en base a los modelos de Tejeda citado por Luna (2008); y para la representación se usó la carta bioclimática de Olgyay para establecer los criterios de condición de ambiente térmico y estrategias de diseño para espacios exteriores.

Con los datos obtenidos por promedio horario mensual, se graficaron de los mismos en la carta bioclimática desarrollada por los hermanos Olgyay (1963) y modificada por Szokolay para la utilización de la temperatura neutral (T_n), para el análisis de espacios exteriores, se consideró una actividad ligera (pasear) equivalente a 130 W; a partir de esta se establecieron los criterios y estrategias necesarias para el diseño y adecuación térmica de los espacios públicos exteriores.

Análisis de datos

Es necesario, aclarar que para el desarrollo y toma de decisiones en cuanto a las estrategias que se mencionan, las consideraciones que se tomaron fueron las siguientes:

1. Por orden de afectación a la sensación térmica percibida, se toma de mayor importancia a la velocidad de viento, seguido de la afectación por temperatura, la humedad relativa y por último el efecto por la radiación solar en el plano horizontal (Bojórquez, 2010).
2. Al considerar las variables de radiación plano horizontal y velocidad de viento, es complejo designar la estrategia que más se adecue a la necesidad de una hora determinada, con lo que se dejó al criterio del autor la selección del requerimiento que más se adecuara y resolviera la cuestión bioclimática, con lo que se selecciona primordialmente aquella variable que tenga un mayor nivel de afectación en los usuarios de los espacios públicos exteriores.
3. El término estrategia se refiere a las acciones para conseguir un fin, basadas en reglas, principios o directrices que ayuden a tomar las decisiones correctas (Fuentes, 2009) y

van encaminadas a proporcionar mayor habitabilidad a los usuarios, al fomentar así un desarrollo integral del mismo, social y colectivamente.

4. La base de estas estrategias son las condiciones térmicas que pueden encontrarse por debajo del rango de confort, en la zona de confort y por arriba del rango de confort. El sol es fundamental como fuente natural de energía y parte importante en la definición de las estrategias (Fuentes, 2009).
5. Las estrategias de diseño se definen a través del análisis climático y con relación a los requerimientos de confort térmico de los habitantes. Es necesario crear proyectos en simbiosis con las fuerzas de la naturaleza y no en contra de ellas; aprovechar sus potencialidades para crear las condiciones de vida adecuadas (Olgyay&Olgyay, 1963). Aquellas estructuras que en un entorno determinado reducen tensiones innecesarias, al hacer uso de los recursos naturales que favorecen el confort humano, pueden catalogarse como climáticamente equilibradas.

Según Fuentes (2009), existen requerimientos o estrategias para generar condiciones entre confort térmico y temperaturas tolerables en espacios exteriores, las cuales se basan en el análisis climático de los lugares, éstas son:

1. Calentamiento: cuya estrategia tiene que ser arropamiento o promover ganancia solar.
2. Enfriamiento: su estrategia corresponde a promover el viento, minimizar ganancias solares por medio de sombreados.
3. Confort: estrategia es mantener las condiciones estables el mayor tiempo posible.
4. Des-humidificación: reducción de la humedad relativa.
5. Humidificación: utilizar elementos que contengan agua, como fuentes, espejos de agua etc.
6. Viento: restringir el flujo de viento.

Es importante aclarar, que para la toma de decisiones en cuanto a los límites que se tomaron en radiación, viento y humedad provienen del trabajo realizado por los hermanos Olgyay, los cuales se encuentran plasmados en las tablas bioclimáticas realizadas por los mismos.

ANEXO C: TABLAS PARA PONDERACIÓN CUANTITATIVA DE SITIOS

Tablas para la ponderación de sitios potenciales

Se desarrollaron de las tablas para la ponderación cuantitativa de los criterios de análisis de Bentley como algunos otros fundamentos generales tomados del reporte ONU-Habitat, y contar con elementos objetivos para la toma de decisiones idónea en la aplicación del ejercicio que se deriva en este trabajo.

Un indicador, según el diccionario de la Real Academia Española de la lengua, es aquello que sirve para demostrar algo, también desambigua el término definiéndolo como aquel dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura. Ponderar es atribuir una medida a un elemento de un conjunto con el fin de obtener una medida ponderada (RAE, 2014), con esto se puede concluir, que realizaremos una ponderación cualitativa a información o características de cada una de las herramientas o criterios para poder seleccionar el caso de aplicación.

Fue necesario, crear una escala numérica para la ponderación del análisis mediante los indicadores específicos que se desarrollan a continuación, el cual se requiere para poder seleccionar con una base cuantitativa y objetiva el caso de aplicación apropiado y el cual se presenta en la calificación primeramente de las herramientas de Bentley seguido de la calificación de los criterios generales de selección.

Anexo C.- Ponderación de indicadores para permeabilidad.

PERMEABILIDAD (P)						
Indicador	Característica	Condición 1	Condición 2	Escala	Valor	Criterio
Acceso (PA)	Vehicular (PA.1)	Acercamiento (PA.1.1)	Tiene vía principal cercana	1	Máximo 2	Favorable
			No tiene vía principal cerca	0		
		Acceso (PA.1.2)	Esta por vía principal	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
			No está por vía principal	0		
	Peatonal + no motorizado (PA.2)	Con barrera (puerta barda reja) (PA.2.1)	Controlada con pago	0	Mínimo 0	Desfavorable
			Controlada sin pago	1		
		Abierto (PA.2.2)	N/R	1		
Tipo de acceso (PU)	Vehicular (PT.1)	Exclusivo vehicular (PT.1.1)	N/R	1	Máximo 2	Favorable
		Mixto-vehicular y peatonal- (PT.1.2)	N/R	0	Intermedio 1	Mínimo requerido
	Peatonal + no motorizado (PT.2)	Exclusivo peatonal (PT.2.1)	N/R	1	Mínimo 0	Desfavorable
		Mixto-peatonal y no motorizados- (PT.2.2)	N/R	0		
Separación de usos (PS)	Apreciación visual de los espacios (PS.1)	Usos separados (PS.1.1)	N/R	1	Máximo 1	Favorable
		Mezcla de usos (PS.1.2)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Visual de espacios (PV)	Barreras visuales (PV.1)	Sólida (PV.1.1)	N/R	0	Máximo 2	favorable
		Dejar espacios libres (PV.1.2)	N/R	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
		Libre total (PV.1.3)	N/R	2	Mínimo 0	desfavorable
Física (PF)	Con obstructores (PF.1)	Con obstructores –limitan la construcción del mapa mental- (PF.1.1)	N/R	0	Máximo 1	Favorable
	Sin obstructores (PF.2)	Sin obstructores –permiten la construcción del mapa mental- (PF.2.1)	N/R	1	Mínimo 0	Desfavorable
Total máximo de herramienta					9	

Nota* PA: acceso, PA.1: : acceso vehicular, PA.1.1: manera de acercamiento, PA.1.2: lugar de acceso, PA.2: acceso peatonal y no motorizado, PA.2.1: con barreras, PA.2.2: libres; PT: Tipo de acceso, PT.1: : acceso vehicular, PT.1.1: exclusivo vehicular, PT.1.2: mixto vehicular y peatonal, PT.2: peatonal, PT.2.1: exclusivo peatonal, PT.2.2: mixto Peatonal y no motorizado; PS: separación de usos, PS.1: apreciación de espacio visual, PS.1.1: usos separados, PS.1.2: mezcla de usos; PV: visual de los espacios, PV.1: barreras visuales, PV.1.1: sólida, PV.1.2: algunos espacios libres, PV.1.3: libre de barreras; PF: permeabilidad física, PF.1: con obstrucciones, PF.1.1: obstructores que limitan construcción de mapas mentales, PF.2: sin obstrucciones, PF.2.1: sin obstructores, permite construcción de mapa mental.

Fuente: Elaboración propia con base en Bentley (1984) y García (1997).

Anexo C.- Ponderación de indicadores para variedad.

VARIEDAD (V)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	Valor	Criterio
Actividades que refuerza el uso (VR)	Existe (VR.1)	Refuerzan el uso (VR.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		No refuerza el uso (VR.1.2)	0		
	No existe (VR.2)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Demanda de actividad (VD)	La población lo requiere (VD.1)	N/R	2	Máximo 2	Favorable
	No son necesarios pero son usados (VR.2)	N/R	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
	Población no los requiere (VR.3)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Oferta de actividades (VO)	Cuenta con espacios y condiciones (VO.1)	N/R	2	Máximo 2	Favorable
	Cuenta con espacios pero no condiciones (VO.2)	N/R	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
	No cuenta con espacios ni condiciones (VO.3)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Coexistencia de actividades (VC)	Actividad ofertada son compatibles (VC.1)	N/R	2	Máximo 2	Favorable
	Actividades no compatibles pero sin afectación (VC.2)	N/R	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
	Actividades no compatibles (VC.3)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Factibilidad de usos (VF)	Se pueden implementar más actividades (VF.1)	N/R	1	Máximo 1	Favorable
	No se puede implementar más actividades (VF.2)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Total máximo de herramienta					8

Nota* **VR:** actividad que refuerza el uso, **VR.1:** Existen actividades, **VR.1.1:** refuerza su uso, **VR.1.2:** no refuerza el uso, **VR.2:** no existe; **VD:** existe demanda de actividad, **VD.1:** es requerido por la población, **VD.2:** no son requeridos, pero se usan, **VD.3:** no son requeridos ni usados; **VO:** existe oferta de actividades, **VO.1:** cuenta con los espacios y condiciones necesarias, **VO.2:** cuenta con espacios pero no con las condiciones necesarias, **VO.3:** no cuenta con espacios ni condiciones necesarias; **VC:** coexistencia de actividades en los alrededores, **VC.1:** las actividades ofertadas en los alrededores son compatibles, **VC.2:** actividades ofertadas en los alrededores no compatibles, pero sin

afectación, **VC.3:** actividades ofertadas en los alrededores no compatibles; **VF:** factibilidad de usos, **VF.1:** es posible implementar más usos, **VF.2:** no es posible implementar más actividades.

Fuente: Elaboración propia, con base en Bentley (1984) y García (1997).

Anexo C.- Ponderación de indicadores para legibilidad.

LEGIBILIDAD (L)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	Valor	Criterio
Sendas (LS)	Recorridos (LS.1)	Claros (LS.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Truncos (LS.1.2)	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
		Inexistentes o poco claros (LS.1.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Hitos (LH)	Existencia (LH.1)	Existencia en el espacio (LH.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		Inexistencia en el espacio (LH.1.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Bordes (LB)	Sólida (LB.1)	N/R	0	Máximo 2	Favorable
	Dejar espacios libres (LB.2)	N/R	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
	Libre total (LB.3)	N/R	2	Mínimo 0	Desfavorable
Nodos (LN)	Estructurados y definidos (LN.1)	N/R	2	Máximo 2	Favorable
	Estructurados y no definidos (LN.2)	N/R	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
	Definidos pero no estructurados (LN.3)	N/R	1	Mínimo 0	Desfavorable
	Difusos (LN.4)	N/R	0		
Total máximo de herramienta					7

Nota*: **LS:** sendas, **LS.1:** recorridos, **LS.1.1:** recorridos claros, **LS.1.2:** recorridos trancos, **LS.1.3:** inexistentes o poco claros; **LH:** hitos, **LH.1:** existencia de hitos, **LH.1.1:** existencia de hitos, **LH.1.2:** inexistencia de hitos; **LB:** bordes, **LB.1:** bordes sólidos, **LB.2:** áreas libres sin bordes, **LB.3:** totalmente sin bordes; **LN:** nodos, **LN.1:** nodos estructurados y definidos, **LN.2:** nodos y estructurados y no definidos, **LN.3:** nodos definidos pero no estructurados, **LN.4:** nodos difusos.

Fuente: Elaboración propia, con base en Bentley (1984) y García (1997).

Anexo C.- Ponderación de indicadores para versatilidad.**

VERSATILIDAD**(R)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	Valor	Criterio
Desplazamiento en el espacio (RD)	Permisible (RD.1)	Permisible para todos incluidos discapacitados (RD.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Permisible para algunas-personas sin discapacidad- (RD.1.2)	1	Intermedio 1	Valor mínimo
	No permisible (RD.2)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Áreas de servicios y actividad (RAA)	Áreas de servicio y actividades definidas (RAA.1)	N/R	2	Máximo 2	Favorable
	Áreas de servicio y actividades difusas (RAA.2)	N/R	1	Intermedio 1	Valor mínimo
	No cuenta con definiciones claras (RAA.3)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Zonas activas, pasivas y microclima (RAM)	Actividades (RAM.1)	Áreas definidas (RAM.1.1)	2	Máximo 3	Favorable
		Áreas parcialmente definidas (RAM.1.2)	1	Intermedio 2	Regular
		No existe ninguna definición (RAM.1.3)	0	Intermedio 1	Mínimo requerido
	Microclima (RAM.2)	Cuenta con elementos que lo mejoran (RAM.2.1)	1		
		No cuenta con elementos que lo mejoran (RAM.2.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Morfología (RM)	Realización de actividades (RM.1)	Permite la realización de actividades (RM.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Permite la realización de las actividades pero la limita (RM.1.2)	1	Intermedio 1	Valor mínimo
		No permite (RM.1.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Mobiliario, estampados y diversidad de materiales (RE)		Existente (RE.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Existente, pero no el adecuado (RE.2)	1	Intermedio 1	Valor mínimo
		No cuenta con estos elementos (RE.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Total máximo de herramienta					11

Nota: la palabra utilizada por Bentley es robustness que traducida textualmente sería robusticidad, pero cambiada aquí para un mejor entendimiento; Nota* **RD: desplazamiento en el espacio, **RD.1**: permisible, **RD.1.1**: inclusión para discapacitados, **RD.1.2**: personas sin discapacidades; **RAA**: áreas de servicio y actividad; **RAA.1**: áreas definidas, **RAA.2**: áreas difusas, **RAA.3**: no cuenta con definiciones claras; **RAM**: zonas activas, pasivas y microclima, **RAM.1** actividades en el espacio, **RAM.1.1**: en áreas definidas, **RAM.1.2**: áreas parcialmente definidas, **RAM.1.3**: áreas indefinidas; **RAM.2**: microclima en el espacio, **RAM.2.1**: cuenta con elementos que mejoran el microclima, **RAM.2.2**: no cuenta con elementos que mejoren el microclima; **RM**: morfología, **RM.1**: realización de actividades; **RM.1.1**: permite las actividades, **RM.1.2**: permite realizar actividades de manera limitada, **RM.1.3**: no permite realizar actividades; **RE**: mobiliario, estampado y diversidad de actividades, **RE.1**: existe, **RE.2**: existe pero no es el adecuado, **RE.3**: no cuenta con los elementos.

Fuente: Elaboración propia, con base en Bentley (1984) y García (1997).

Anexo C.- Ponderación de indicadores para visual apropiada.

VISUAL APROPIADA (VA)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	valor	Criterio
Lenguajes arquitectónicos (VAL)	Elementos compositivos característicos (VAL.1)	N/R	2	Máximo 2	Favorable
	Composición general (VAL.2)	N/R	1	Intermedio 1	Valor mínimo
	Escala de elementos arquitectónicos (VAL.3)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Imagen** (VAI)	Parque o plaza (VAI.1)	Imagen de parque o plaza adecuada (VAI.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Imagen de parque o plaza no adecuada, pero reconocible como tal (VAI.2)	1	Intermedio 1	Valor mínimo
		No reconocido como parque o plaza (VAI.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Elementos (VAE)	Diseño interior (VAE.1)	Ayudan a reconocer las diversas actividades ofertadas (VAE.1.1)	1	Máximo 2	Favorable
		No ayudan a reconocer las diversas actividades ofertadas (VAE.1.2)	0	Intermedio 1	Valor mínimo
	Diseño exterior (VAE.2)	Refleja las actividades (VAE.2.1)	1	Mínimo 0	Desfavorable
		No refleja las actividades (VAE.2.1)	0		
Total máximo de herramienta					6

Nota* **VAL:** lenguaje arquitectónico, **VAL.1:** cuenta con elementos característicos y únicos, **VAL.2:** cuenta con una composición general y monótona, **VAL.3:** la escala de los elementos arquitectónicos es deficiente y no mejora la imagen urbana; **VAI:** imagen, **VAI.1:** parque o plazas, **VAI.1.1:** imagen adecuada, **VAI.1.2:** imagen reconocible pero no la adecuada, **VAI.1.3:** no reconocida como parque o plaza; **VAE:** elementos de la imagen urbana, **VAE.1:** diseño interior, **VAE.1.1:** ayudan a reconocer las actividades ofertadas en el espacio, **VAE.1.2:** no ayuda a reconocer las diversas actividades ofertadas, **VAE.2:** diseño del exterior, **VAE.2.1:** la imagen exterior refleja las actividades que se dan en el interior, **VAE.2.2:** el diseño del espacio exterior no refleja las actividades que se dan en el interior.

Nota** en el aspecto de la imagen (VAI), puede ser modificado la característica de la plaza o parque, por el de cualquier otro tipo de espacio público que se desee analizar.

Fuente: Elaboración propia, con base en Bentley (1984) y García (1997).

Anexo C.- Ponderación de indicadores para riqueza de Bentley.

RIQUEZA (RI)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	Valor	Criterio
Recorridos (RIR)	Tipo de recorrido (RIR.1)	Dinámicos, topografía diversa con diferentes vistas y elementos. (RIR.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Dinámicos, con topografía plana, sin elementos enriquecedores (RIR1.2)	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
		Plano, sin elementos enriquecedores (RIR.1.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Olfato (RIO))	Ambientes creados (RIO.1)	Manejo de vegetación y elementos mejoradores de la sensación olfativa (RIO.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		No maneja vegetación y elementos mejoradores de la sensación olfativa (RIO.1.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Sonido (RIS)	Naturales (RIS.1)	Manejo de vegetación y elementos mejoradores u obstructores de sonidos (RIS.1.1)	1	Máximo 2	Favorable
		No maneja vegetación y elementos mejoradores u obstructores de sonidos (RIS.1.2)	0	Intermedio 1	Mínimo requerido
	Artificiales (RIS.2)	Manejo de elementos mejoradores u obstructores de sonidos (RIS.1.1)	1	Mínimo 0 0	Desfavorable
		No maneja elementos mejoradores u obstructores de sonidos (RIS.1.2)	0		
Materiales y formas (RIM)	Elementos compositivos (RIM.1)	Cuenta con materiales y formas que enriquecen el espacio (RIM.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Cuenta con diversidad de materiales, pero no de formas (RIM.1.2)	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
		No cuenta con diversidad de materiales ni formas (RIM.1.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Total máximo de herramienta					7

Nota* **RIR**: recorridos, **RIR.1**: tipos de recorridos, **RIR.1.1**: dinámicos, topografía diversa y con elementos diversos, **RIR.1.2**: dinámicos, con topografía plana, sin elementos enriquecedores, **RIR.1.3**: planos si elementos enriquecedores; **RIO**: olfato, **RIO.1**: ambientes olfativos creados, **RIO.1.1**: manejo de vegetación y elementos mejoradores de la sensación olfativa, **RIO.1.2** no maneja elementos de vegetación que mejoren los ambientes olfativas; **RIS**: sonidos, **RIS.1**: naturales, **RIS.1.1**: manejo de elementos de vegetación obstrutores de sonidos, **RIS.1.2**: no maneja elementos de vegetación obstrutores de sonidos, **RIS.2**: artificiales, **RIS.2.1**: manejo de elementos artificiales obstrutores de sonidos, **RIS.2.2**: no maneja elementos artificiales obstrutores de sonidos; **RIM**: materiales y formas, **RIM.1**: elementos compositivos del espacio, **RIM.1.1**: materiales y formas que enriquecen el espacio, **RIM.1.2**: cuenta con diversidad de materiales pero no de formas, **RIM.1.3**: no cuenta con diversidad de materiales ni formas.

Fuente: Elaboración propia, con base en Bentley (1984) y García (1997).

Anexo C.- Ponderación de indicadores para personalización de Bentley.

PERSONALIZACIÓN (PE)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	Valor	Criterio
Elementos de comunicación (PEE)	Espacios o áreas de comunicación –A-, + Mobiliario urbano –B- (PEE.1)	Cuenta con áreas y elementos para comunicación y anuncios. (A+B) (PEE.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Cuenta con elementos para comunicación y anuncios, mas no áreas específicas para ello (A o B) (PEE.1.2)	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
		No cuenta con áreas y elementos para comunicación y anuncios. (ni A, ni B) (PEE.1.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Áreas especiales** (PEA)	Cuenta con estos espacios (PEA.1)	N/R	1	Máximo 1	Favorable
	No cuenta con estos espacios (PEA.2)	N/R	0	Mínimo 0	Desfavorable
Señalética (PES)	Nomenclatura y señalizaciones (PES.1)	Cuenta con señalizaciones e indicadores (PES.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		No cuenta con señalizaciones e indicadores (PES.1.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Guardias y control (PEG)	Caseta en accesos y vigilancia. (PEG.1)	N/R	0	Máximo 2	Favorable
		N/R		Intermedio 1	Mínimo requerido
	Solo visual (PEG.2)	Personas (PEG.2.1)	1		
		Vehículos (PEG.2.2)	1	Mínimo 0	Desfavorable
Total máximo de herramienta					6

Nota* **PEE**: elementos de comunicación, **PEE.1**: espacios y áreas de comunicación, **PEE.1.1**: cuenta con áreas y elementos para comunicación y anuncios, **PEE.1.2**: cuenta con elementos para comunicación, pero no áreas específicas para ellos, **PEE.1.3**: no cuenta con áreas y elementos para comunicación y anuncios; **PEA**: áreas especiales, complemento de la comunicación, **PEA.1**: cuenta con espacios especiales, **PEA.2**: no cuenta con áreas especiales; **PES**: señalética, **PES.1**: nomenclatura y señalizaciones, **PES.1.1**: cuenta con señalizaciones e indicadores, **PES.1.2**: no cuenta con señalizaciones e indicadores; **PEG**: guardias y control, **PEG.1**: caseta en accesos y vigilancia, plumas de acceso y cámaras, **PEG.2**: solo visual, sin cámaras ni elementos obstructores de acceso, **PEG.2.1**: personas, **PEG.2.2**: vehículos.

** Nota: Las áreas especiales, son un indicador que complementa a los elementos de comunicación.

Fuente: Elaboración propia, con base en Bentley (1984) y García (1997).

Al igual que con las herramientas de Bentley (1984), se creó una escala numérica para la ponderación del análisis realizado con anterioridad, la cual se basó en indicadores específicos de cada uno de los criterios particulares en la parte anterior, tabla 5. La evaluación de cada indicador se realizó mediante marcadores.

Anexo C.- Ponderación de indicadores para cantidad e intensidad de la actividad.

CANTIDAD E INTENSIDAD (CI)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	valor	Criterio
Habitantes (CIH)	Atracción (CIH.1)	Tiene fuerte atracción para los habitantes (CIH.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Tiene moderada atracción para los habitantes (CIH.1.2)	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
		No tiene fuerte atracción para los habitantes (CIH.1.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Actividades de permanencia (CIP)	Mobiliario, seguridad, diversas actividades para uso (CIP.1)	Hay condiciones (CIP.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		No hay condiciones (CIP.1.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Actividades de tránsito (CIT)	Peatonal (CIT.1)	Puede ser utilizado como área de tránsito y otra actividad** (CIT.1)	1	Máximo 1	Favorable
		Es imposible usarlo para esa actividad** (CIT.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Total máximo de herramienta					4

Nota* **CIH**: habitantes, **CIH.1**: atracción para los habitantes, **CIH.1.1**: tiene fuerte atracción para los habitantes, **CIH.1.2**: tiene moderada atracción para los habitantes, **CIH.1.3**: no tiene atracción para los habitantes; **CIP**: actividades de permanencia, **CIP.1**: mobiliario, seguridad y diversas actividades para uso, **CIP.1.1**: existen las condiciones para la permanencia, **CIP.1.2**: no existen las condiciones para la permanencia; **CIT**: actividades de tránsito, **CIT.1**: peatonal, **CIT.1.1**: puede ser utilizado como área de tránsito peatonal o mixta con otras actividades, **CIT.1.2**: es imposible usarlo para esas actividades.

**Nota: se refiere a la facilidad de tránsito por el lugar, anchos de banquetas, materiales de banquetas, si conecta diferentes puntos.

Fuente: Elaboración propia, con base en García (1997), ONU-HÁBITAT (2007).

Anexo C.- Ponderación de indicadores para horas de uso.

HORAS DE USO (HU)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	Valor	Criterio
Mañana 6:01-12:00 (HM)	Periodo de tiempo mínimo -30 min- (HM.1)	Se usa en este periodo (HM.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		No se usa en este periodo (HM.1.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Medio día 12:01-16:00 (HD)	Periodo de tiempo mínimo -30 min- (HD.1)	Se usa en este periodo (HD.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		No se usa en este periodo (HD.1.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Tarde 16:01-20:00 (HT)	Periodo de tiempo mínimo -30 min- (HT.1)	Se usa en este periodo (HT.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		No se usa en este periodo (HT.1.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Noche 20:01-6:00 (HN)	Periodo de tiempo mínimo -30 min- (HN.1)	Se usa en este periodo (HN.1.1)	1	Máximo 1	Favorable
		No se usa en este periodo (HN.1.2)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Total máximo de herramienta					4

Nota* **HM:** horas de uso matutino, **HM.1:** periodo de tiempo mínimo de 30 minutos, **HM.1.1:** se usa el periodo mínimo, **HM.2:** no se usa el tiempo mínimo; **HD:** horas de uso medio día, **HD.1:** periodo de tiempo mínimo de 30 minutos, **HD.1.1:** se usa el periodo mínimo, **HD.1.2:** no se usa el tiempo mínimo; **HT:** horas de uso en la tarde, **HT.1:** periodo de tiempo mínimo de 30 minutos, **HT.1.1:** se usa el periodo mínimo, **HT.1.2:** no se usa el tiempo mínimo; **HN:** horas de uso nocturno, **HN.1:** periodo de tiempo mínimo de 30 minutos, **HN.1.1:** se usa el periodo mínimo, **HN.1.2:** no se usa el tiempo mínimo

Fuente: Elaboración propia, con base en García (1997), ONU-HÁBITAT (2007).

Anexo C.- Ponderación de indicadores para punto estratégico de la ciudad.

PUNTO ESTRATÉGICO (E)					
Indicador	Característica	Condición 1	Escala	Valor	Ponderador
Desarrollo económico (ED)	Consolidada (ED.1)	Exitosa (ED.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		Con éxito moderado (ED.1.2)	1		
		Sin éxito (ED.1.3)	0	Intermedio 1	Mínimo requerido
	No consolidada (ED.2)	Se puede aplicar medidas económicas (ED.2.1)	2		
		Se puede aplicar medidas económicas, pero no existen condiciones adecuadas (ED.2.2)	1		Desfavorable
		No se puede aplicar medidas económicas (ED.2.3)	0		

Desarrollo social ** (ES)	Puede fomentar esté un mejoramiento en el desarrollo de los habitantes (ES.1)	Es parte importante del desarrollo social (ES.1.1)	2	Máximo 2	Favorable
		No es importante para el desarrollo social, pero contribuye a este (ES.1.2)	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
		No contribuye en nada al desarrollo social (ES.1.3)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Imagen urbana ** (EI)	Valor de la imagen en la ciudad (EI.1)	Mejora la imagen de la ciudad y el área donde se localiza (EI.1)	2	Máximo 2	Favorable
		No mejora la imagen de la ciudad, pero tampoco la deteriora (EI.2)	1	Intermedio 1	Mínimo requerido
		No mejora la imagen de la ciudad y el área donde se localiza (EI.1)	0	Mínimo 0	Desfavorable
Total máximo de herramienta					6

Nota* **ED**: factibilidad de desarrollo económico, **ED.1**: consolidada, **ED.1.1**: exitosa, **ED.1.2**: con éxito moderado, **ED.1.3**: sin éxito, **ED.2**: no consolidada, **ED.2.1**: se puede aplicar medidas económicas, **ED.2.2**: se pueden aplicar medidas económicas pero no existen las condiciones adecuadas, **ED.2.3**: no es posible implementar medidas para el desarrollo económico, **ES**: desarrollo social, **ES.1**: posiblemente fomentará el desarrollo social en el área donde se intervenga, **ES.1.1**: es parte importante del desarrollo social, **ES.1.2**: no es importante para el desarrollo social, pero contribuye a este, **ES.1.3**: no contribuye a mejorar el desarrollo social de la zona donde se encuentre; **EI**: Imagen Urbana, **EI.1**: valor de la imagen en la ciudad, **EI.1.1**: mejora la imagen de la ciudad y el área donde se localiza, **EI.1.2**: no mejora la imagen de la ciudad ni la deteriora, **EI.1.3**: No mejora la imagen de la ciudad y el área donde se localiza, pero la afecta de manera negativa.

** Nota: estos indicadores son un punto más subjetivo dentro del análisis.

Fuente: Elaboración propia, con base en García (1997), ONU-HÁBITAT (2007).

Con la ponderación de estos indicadores, se realizó una calificación de los mismos, para obtener marcadores puntuales de selección del sitio para el caso de aplicación y obtener una base teórica para elección del mismo, para esto, se realizaron tablas de valoración con base en una sumatoria total de los valores sobre un total de puntos que es el resultado de la suma de las calificaciones entre las herramientas de Bentley y los criterios generales de selección.

ANEXO D: CUESTIONARIOS ANÁLOGOS

El cuestionario del proyecto Redescubriendo los espacios públicos exteriores (*RUROS* por sus siglas en inglés) éste fue realizado por un equipo de especialistas liderados por Nikolopoulou, donde el objetivo de la investigación entre otras fue la evacuación del confort térmico, acústico, visual en áreas públicas exteriores con aras a mejorar los espacios y desarrollar lineamientos para el diseño de proyectos futuros.

Éste se encuentra estructurado en dos páginas, donde la primera parte se tiene los datos personales (sexo, grupo de edad, vestimenta, fecha, hora, ingesta), mientras la segunda parte consta de las preguntas que se le harán al encuestado sobre la sensación térmica, radiación solar, sensación por viento, humedad, confort visual, acústico, sensación auditiva, expectativa, experiencia, frecuencia de visitas al lugar, actividades que realizan, ocupación, grado de estudio y más.

El primer apartado, que son datos del encuestado, consta de 12 preguntas que se basan principalmente en observación del usuario; en el apartado de preguntas que se realizan al encuestado, 8 se responden abiertamente mientras que 11 son de tipo de respuesta cerrada, de las cuales una de estas tiene dos posibles respuestas diferentes; cuatro son de múltiple respuesta, y el resto, que son seis, son escalas de preferencia. Se trató que todas las palabras utilizadas en la redacción del mismo fueran de uso común, pero algunas preguntas contienen algunas palabras técnicas que pueden confundir al encuestado.

A. OBSERVATIONS

Description of subject: date - time
 location in space (indicate on map below)
 activity

Circle where appropriate

- Age group: child, teenager, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, >65
- Sex: Male, Female
- Clothing: - T-shirt, (sleeveless/short/long) shirt, (cotton/woollen) jumper, sweatshirt
 - shorts, trousers, jeans, skirt (long, short), dress (short/long,
 no/short/long sleeves)
 - vest, cardigan, jacket (denim/cotton, wool), raincoat, overcoat, tie
 - umbrella
- Cap/hat , Sunglasses
- Earphone
- Food/drink consumption: a) Cold drink b) Hot drink c) Food
- Interviewee is there: 1) Alone 2) With 1 person 3) With more than 2 persons
 4) With a dog
- Interviewee presently stay in sunlight: 1) Yes 2) No
- Person making movements to screen his/her eyes from excessive light (e.g. moving hands above the eyes, rotating or bending the head, blinking)
 1) Yes 2) No
- Interviewee performing a reading or writing task just before the interview:
 1) Yes 2) No
- Interviewee watching something distant (i.e. >10m away) just before the interview: 1) Yes 2) No
- Which direction sector is the Interviewee presently looking at?



B. QUESTIONS

- At the moment, do you find it:

very cold	cool	neither cool nor warm	Warm	very hot
-----------	------	-----------------------	------	----------
- What do you think of the **sun** at this moment? *(only asked if sunny)*

you'd prefer more	OK	too much sun
-------------------	----	--------------
- What do you think of the **wind** at this moment?

stale	Little wind	OK	Windy	too much wind
-------	-------------	----	-------	---------------
- What do you think of the **humidity** at this moment?

damp	OK	dry
------	----	-----
- Are you feeling **comfortable**?

yes	no
-----	----
- What do you think of the **luminous appearance** of this space?

very dark	Dark	neither dark nor bright	Bright	very bright
-----------	------	-------------------------	--------	-------------
- Do any surfaces appear noticeably **glaring** to you? *(Some answers may not apply for certain cases)*

No
Ground or pavement
Surrounding buildings
Vegetation
Water surface
Urban furniture
Canopy or sky
- Does the **view** from your position affects your appreciation of this site?

negatively	not at all	positively
------------	------------	------------
- What is your general feeling towards the **sound level** in this space at this moment?

very quiet	quiet	neither quiet nor noisy	Noisy	Very noisy
------------	-------	-------------------------	-------	------------
- How would you describe the **acoustic environment** at your **home**?

very quiet	quiet	neither quiet nor noisy	Noisy	Very noisy
------------	-------	-------------------------	-------	------------
- Classify the 4 predominant of the following sounds by '**annoyance**', '**neither favour nor annoyance**', '**favour**' *(Choose 4 sounds only according to the site)*

Twittering of birds (A, N, F)	Speaking from surrounding people (A, N, F)	Vehicle parking (A, N, F)
Bells of church (A, N, F)	Music played on street (A, N, F)	Passenger cars (A, N, F)
Murmurs of water (A, N, F)	Bells or music from clock (A, N, F)	Passenger buses (A, N, F)
Pedestrian crossing (A, N, F)	Music from passenger cars (A, N, F)	Music from stores (A, N, F)
Insects sound (A, N, F)	Children's shouting (A, N, F)	Constructions (A, N, F)
- Why have you come here?.....
- Where were you before you came here?
- How frequently do you use the space? 1) per day.... 2) per week... 3) per month...4) per year...
- Is there something you don't like in the area?
- What is the use of open space according to your opinion?
- Are you local inhabitant? 1) Yes 2) No (Where are you from?.....)
- Are you a? 1) pupil/student 2) working person 3) pensioner 4) housekeeper 5) other*..... (* ask if tourist and additionally note here)
- What is your educational level? 1) primary school 2) secondary school 3) higher education

- El segundo cuestionario que se retomó para el desarrollo del que se utilizó para la recolección de datos, fue el que diseñó Bojórquez (2010) para la investigación Confort

térmico en exteriores: actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo, donde se evaluó el confort de los usuarios que utilizaban espacios recreativos, bajo niveles de actividad pasiva.

El cuestionario (Fig. XX y XX) se basó en la propuesta del proyecto “Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México, regiones de clima cálido seco y húmedo” CONAVI, el cual se modificó para ajustarlo para su aplicación en espacios exteriores con la implementación de la sensación de viento y radiación, además de implementar preguntas del cuestionario del proyecto RUROS. Está estructurado en nueve apartados diferentes los cuales son:

1. Datos de control,
2. Datos personales y temporales,
3. Actividad y percepción del ambiente térmico,
4. Variables climáticas,
5. Características físicas y vestimenta,
6. Datos complementarios del usuario,
7. Características del área y condiciones de aplicación,
8. Ubicación,
9. Signos vitales.

El cuestionario se redactó con un lenguaje sencillo, y se evitó las ambigüedades en la estructuración de las preguntas. Las preguntas sobre la percepción del ambiente térmico cumplen con la norma ISO 10551. Se consideró una pregunta sobre la sensación de radiación y otra sobre preferencia de radiación que no se utilizaron en el cuestionario de CONAVI. En el tipo de vestimenta, se manejaron cinco escalas de arropamiento y además se incluyó la protección de la cabeza con sombrero o gorra, así como una sombrilla y el uso de lentes para sol. Algunas respuestas fueron abiertas, las cuales se retomaron del RUROS, como dirección, procedencia etc. y la utilización de un mapa para establecer la ubicación donde se realizó la encuesta.

PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA
 Universidad Autónoma de Aguascalientes, Universidad de Colima, Universidad de Guanajuato, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
CONFORT TÉRMICO EN EXTERIORES: PARQUES URBANOS EN CLIMA CÁLIDO SECO EXTREMOSO
 Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Arquitectura y Diseño

I. DATOS DE CONTROL

Folio: _____
 Encuestadores: _____
 Capturaron: _____
 Capturada: ☐ Revisada: ☐



Cuestionario Versión 12.1

II.- DATOS PERSONALES Y TEMPORALES

A 1) Nombre: _____	2) Fraccionamiento donde vive: _____	3) Fue encuestado antes para este estudio: 1() Si 2() No
B 1) Fecha(dd/mm/aaaa): _____	2) Hora inicial: _____	3) Hora final: _____

III.- ACTIVIDAD Y PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO

C 1) Actividad desarrollada	1() Pasiva	2() Moderada	3() Intensa	4) Describir la actividad (hasta 2 palabras)	
D 1) Tiempo que lleva con esa actividad	1() Menos de ½ hora	2() Más de ½ hora			

Percepción del ambiente térmico

	1	2	3	4	5	6	7
E 1) Sensación térmica ¿Cómo se siente usted en este momento?	Mucho frío ☐	Frío ☐	Algo de frío ☐	Ni calor ni frío ☐	Algo de calor ☐	Calor ☐	Mucho calor ☐
F 2) Sensación de humedad ¿Cómo siente la humedad en su piel en este momento?	Muy húmedo ☐	Húmedo ☐	Algo húmedo ☐	Normal ☐	Algo seco ☐	Seco ☐	Muy seco ☐
G 3) Sensación de viento ¿Cómo siente el viento en este momento?	Nada de viento ☐	Poco viento ☐	Viento agradable ☐	Viento algo fuerte ☐	Viento muy fuerte ☐		
H 4) Sensación de radiación ¿Cómo siente la radiación del sol, en su piel, en este momento?	Sin radiación ☐	Poca radiación ☐	Radiación agradable ☐	Radiación algo fuerte ☐	Radiación muy fuerte ☐		
I 5) Preferencia térmica ¿Cómo preferiría usted estar/sentirse en este momento?	Mucho más fresco ☐	Más fresco ☐	Un poco más fresco ☐	Sin cambio ☐	Con un poco más de calor ☐	Con más calor ☐	Mucho más caluroso ☐
J 6) Preferencia de humedad ¿Qué preferiría en este momento con respecto a la humedad?	Mucho más húmedo ☐	Más húmedo ☐	Un poco más húmedo ☐	Sin cambio ☐	Un poco más seco ☐	Más seco ☐	Mucho más seco ☐
K 7) Preferencia de viento ¿Qué preferiría en este momento con respecto al viento?	Preferiría más viento ☐	Sin cambio ☐	Preferiría menos viento ☐				
L 8) Preferencia de radiación ¿Qué preferiría en este momento con respecto a la radiación del sol?	Preferiría más radiación ☐	Sin cambio ☐	Preferiría menos radiación ☐				
M 9) Aceptación personal del ambiente ¿Cómo considera el clima en el parque?	Generalmente aceptable ☐	Generalmente inaceptable ☐					
N 10) Tolerancia personal ¿Qué tan tolerable le parece el clima en este momento en el parque?	Perfectamente tolerable ☐	Tolerable ☐	Ligeramente intolerable ☐	Intolerable ☐	Extremadamente intolerable ☐		

IV.- VARIABLES CLIMÁTICAS

N 1) Temp. Bulbo Seco (°C) () BS	2) Temp. Bulbo Húmedo(°C) () BH	3) Temp. Globo Negro (°C) () GLOBO	4) Humedad Relativa (%) () HR	5) Velocidad Viento (m/s) () FLUJO	6) Temp. Globo Gris (°C) () Globo Gris	7) Radiación Infrarroja () IREstimada
--------------------------------------	-------------------------------------	--	-----------------------------------	--	--	---

V. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y VESTIMENTA

O 1) Sexo	1() Hombre	2() Mujer
P 1) Constitución física	1) Peso : _____ Libras	2) Estatura: _____ cm
	3) Edad: _____ años	

Tipo de vestimenta (Solo observación)

Q 1 () MUY LIGERA	2 () LIGERA	3 () NORMAL	4 () ABRIGADA	5 () MUY ABRIGADA	6 Sombrero / gorra 1 () Si 2 () No	7 Sombrilla 1 () Si 2 () No	8 Lentes para el sol 1 () Si 2 () No
-----------------------	-----------------	-----------------	-------------------	-----------------------	--	-------------------------------------	--

VI.- DATOS COMPLEMENTARIOS DEL USUARIO

R 1) ¿Siempre ha vivido en Mexicali?	1() Si	2() No
2) Ciudad donde vivía antes de vivir aquí:		
3) Tiempo de vivir en la ciudad:	1() 6 meses	2() 6 meses a 1 año
4) ¿Qué actividades realiza en este parque?:	1() Deportes	2() Ejercicio
5) ¿Con qué frecuencia viene a este parque?:	1) _____ veces por día	2) _____ veces por semana
6) Durante la encuesta, el entrevistado consumió:	1() Nada	2() Agua
7) Posición durante la aplicación de la encuesta:	1() Parado	2() Sentado sobre:
	3() 1 a 2 años	4() 3 a 5 años
	5() 6 ó más años	6() Recreación
	3) _____ veces por mes	4() Soda
	5() Bebida caliente	6() Alimentos

VII.- CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA Y CONDICIONES DE APLICACIÓN (Solo observación)

S 1) PISOS	1. Material: 1() Concreto	2() Pasto natural	3() Pasto artificial
	2. Color: 1() Claro	2() Intermedio	3() Oscuro
T 2) MUROS	1. Material: 1() Bloque	2() Madera	3() Malla metálica
	2. Color: 1() Claro	2() Intermedio	3() Oscuro
U 3) MOBILIARIO	1. Material: 1() Concreto	2() Madera	3() Metálico
	2. Color: 1() Claro	2() Intermedio	3() Oscuro
V 4) HORARIO Y ASOLEAMIENTO	1. Horario de aplicación: 1() Día 2() Noche 2. Asoleamiento: 1() Sol 2() Sombra árbol 3() Sombra malla filtrar sol 4() Sombra madera 5() Sombra lámina 6() Sombra muro 7() Otro 3. Condiciones de cielo: 1() Despejado 2() Medio Nublado 3() Nublado 4() Concentración alta de PM-10		

VIII.- UBICACIÓN: Favor de indicar en el plano de conjunto que está en la parte posterior, la ubicación exacta donde se aplicó la encuesta

- Otro cuestionario analizado fue el desarrollado por Vargas (2015) para una investigación en la cual evalúa la percepción del ambiente térmico en espacios de transición en clima cálido seco; el estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad de Sonora, de la ciudad de Hermosillo, capital del estado.

El cuestionario está conformado por ocho apartados, los cuales respondieron a los objetivos planteados por el autor para la investigación; este se encuentra estructurado en dos páginas, anverso y reverso, con un total de 28 preguntas de las cuales diez son directas, las de sensación y preferencia térmica se contestan sobre la escala establecida por la ANSI/ASHRAE 55 (2010), que va de -3 a 3. El resto de las se responden bajo las respuestas establecidas en cada reactivo (fig. XX). Los apartados de los que está conformado el cuestionario son los siguientes:

1. Datos de control iniciales.
2. Datos del encuestado.
3. Actividad, historia y percepción térmica.
4. Variables meteorológicas.
5. Características fisiológicas.
6. Arropamiento.
7. Observaciones.
8. Datos de control final.

Además de lo anterior, el cuestionario está redactado de una manera simple, en lenguaje que todas las personas puedan entender, tanto encuestadores como encuestados; también se cuidó mucho el eliminar ambigüedades que pudieran confundir a los individuos al momento de encuestarlos.

Proyecto: Percepción del ambiente térmico en espacios de transición de clima cálido seco							V. 140204		
Objetivo: Conocer cómo es la percepción de los usuarios de los espacios de transición de clima cálido seco y, cómo distintos factores influyen en esta.									
1. DATOS DE CONTROL INICIALES									
1 Hora de inicio:									
2. DATOS DEL ENCUESTADO									
2	1	Usted fue encuestado antes para este estudio?	(1) Si	(2) No					
3	1	¿Siempre ha vivido en esta ciudad?	(1) Si	(2) No	2 Donde vivía antes de vivir aquí?				
4	1	Cuanto tiempo tiene viviendo en la ciudad:	(1) 0 a 6 meses	(2) 6 meses a 1 año	(3) 1 a 3 años	(4) 3 años o más			
5	1	En los últimos 30 minutos usted ha consumido:	(1) Nada	(2) Líquido frío	(3) Líquido caliente	(4) Alimentos	(5) Alimentos y líquido		
6	1	Posición durante la aplicación de la encuesta:	(1) Parado	(2) Sentado sobre:					
3. ACTIVIDAD, HISTORIA Y PERCEPCIÓN TÉRMICA									
7	1	¿Qué actividad realiza en este lugar?	(1) Paso	(2) Convivencia	(3) Espera	(4) Otra (Describir la actividad - hasta 2 palabras)			
8	1	Nivel de actividad desarrollada:	(1) Pasiva	(2) Moderada					
9	1	¿Cuanto tiempo lleva en este lugar y con esta actividad?	(1) 0 a 15 minutos	(2) 16 a 30 minutos	(3) +30 minutos				
10	1	¿Cuántas veces desarrolla esta actividad en este espacio?	1 Al día	2 A la semana	3 Al mes				
11	1	¿Normalmente cuánto tiempo pasa en este lugar?	(1) 1-15 minutos	(2) 15-30 minutos	(3) 30-45 minutos	(4) 45 min a 1 hora	(5) Mas de 1 hora		
12	1	¿Antes de venir a este lugar, en qué tipo de espacio estuvo?	(1) Espacio exterior con sombra	(2) Espacio exterior sin sombra	(3) Espacio interior con ventanas abiertas o, refrigeración o calefacción (edificio, auto, camión)	(4) Espacio interior con ventanas cerradas, sin refrigeración o sin calefacción (edificio, auto, camión)	(5) Otro		
13	1	¿Cuántas horas ha estado en espacios de este tipo, durante este día?	2 ¿Aproximadamente, cuántas horas al día pasa en espacios con aire acondicionado o calefacción?		3 ¿Aproximadamente, cuántas horas al día pasa en espacios exteriores?				
ESCALA									
			-3	-2	-1	0	1	2	3
14	1	Sensación térmica ¿Cómo se siente usted en este momento?	(1) Mucho frío	(2) Frío	(3) Algo de frío	(4) Ni calor ni frío	(5) Algo de calor	(6) Calor	(7) Mucho calor
15	1	Sensación de humedad ¿Cómo siente la humedad en su piel en este momento?	(1) Muy húmedo	(2) Húmedo	(3) Algo húmedo	(4) Normal	(5) Algo seco	(6) Seco	(7) Muy seco
16	1	Sensación de viento ¿Cómo siente el viento en este momento?		(1) Sin viento	(2) Poco viento	(3) Viento agradable	(4) Viento algo fuerte	(5) Mucho Viento	
17	1	Preferencia térmica ¿Cómo preferiría usted estar/sentirse en este momento?	(1) Mucho más fresco	(2) Más fresco	(3) Un poco más fresco	(4) Sin cambio	(5) Con un poco más de calor	(6) Con más calor	(7) Mucho más calor
18	1	Preferencia de humedad ¿Qué preferiría en este momento con respecto a la humedad?	(1) Mucho más húmedo	(2) Más húmedo	(3) Un poco más húmedo	(4) Sin cambio	(5) Un poco más seco	(6) Más seco	(7) Mucho más seco
19	1	Preferencia de viento ¿Qué preferiría en este momento con respecto al viento?			(1) Preferiría más viento	(2) Sin cambio	(3) Preferiría menos viento		
20	1	Aceptación personal del ambiente ¿Cómo considera el clima en este momento en este espacio?	(1) Aceptable	(2) Inaceptable					
21	1	Tolerancia personal ¿Qué tan tolerable le parece el clima en este momento en este espacio?	(1) Perfectamente tolerable	(2) Tolerable	(3) Ligeramente intolerable	(4) Intolerable	(5) Extremadamente intolerable		
4. VARIABLES METEOROLÓGICAS									
22	1	BH. TBH(°C):	2 BS. TBS (°C):	3 GLOBO. TG (°C):	4 HR. Hum. Rel. (%):	5 FLUJO. VV (m/s):			
5. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS									
23	(1) Hombre	(2) Mujer	3 Peso (Kilos):	4 Estatura (cm):	5 Edad (años):				
6. ARROPAMIENTO (Solo observación)									
24	(1) 0.2 clo 0.0775 m² °C/W	(2) 0.6 clo 0.093 m² °C/W	(3) 0.7 clo 0.1085 m² °C/W	(4) 1 clo 0.155 m² °C/W	(5) 1.6 clo 0.248 m² °C/W	6 Sombrero/ gorra (1) Si (2) No	7 Lentes para el sol (1) Si (2) No		
7.-OBSERVACIONES									
25	1 Observaciones Generales								
8. DATOS DE CONTROL FINALES									
26	1 Hora final:			2 Fecha (aamddd):					
27	1 Lugar donde se aplicó la encuesta:			(1) Rectoría	(2) Derecho	(3) Biblioteca			
28	1 Clave (aamddd-hhmm):			2 Encuestó:	3 Revisó encuesta:	4 Capturó:	5 Revisó captura:		

- El cuestionario diseñado en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Colima, con la asesoría de Givoni, fue tomado en cuenta para este proyecto. El

objetivo de este estudio fue analizar el proceso de adaptación térmica bajo la hipótesis de Roríz (2003), para establecer un estándar de confort térmico. El diseño de esta propuesta está conformado por siete partes que son:

1. Datos de control (Fecha y hora),
2. Información de la edificación,
3. Información del habitante,
4. Tipo de vestimenta,
5. Sensación térmica,
6. Preferencias térmicas
7. Medición de variables climáticas.

Se observó una estructura visual clara, con una sección de observación, si bien no separada, si entendible, pero se ve una intención de analizar tipos de espacios cerrados, parcialmente cerrado y abierto, cabe aclarar que la definición de espacio abierto indicada en la encuesta no es similar a la que se utilizó para este estudio.

La vestimenta se clasificó en tres escalas, mientras que la parte de las sensaciones térmicas y preferencias fue conforme a la norma ISO 10551. Las respuestas son todas de tipo cerradas, y se maneja en escalas. Se consideró la aplicación del cuestionario tanto para el día como para noche. La secuencia de preguntas se observó de lo general a lo específico. Presentó una codificación clara por tipo de apartado, lo que puede evitar errores en la captura de la información. Se conformó de más de una página lo que puede generar extravíos de información.

Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura y Diseño



Datos temporales (tomados del reloj del entrevistador)		Fecha				
		Hora de inicio de la entrevista				
		Hora de finalización de la entrevista				
Información del sitio (observaciones del encuestador)						
A	Tipo de edificación	1	☐ CONTEMPORÁNEO			
		2	☐ TRADICIONAL			
B	Tipo de espacio	1	☐ CERRADO delimitado por todos lados con muro (solo ventilado e iluminado por vanos)			
		2	☐ PARCIALMENTE ABIERTO corredor, zaguán, pórtico, balcón, terraza			
		3	☐ ABIERTO espacio sin muros, solo con cubierta			
C	Dispositivos de control climático activados en el lugar	1	☐ NINGUNO			
		2	☐ AIRE ACONDICIONADO (enfriamiento)			
		3	☐ VENTILADOR (de techo, de pedestal, etc.)			
		4	☐ CALEFACCION			
		5	☐ ENFRIADOR EVAPORATIVO			
		6	☐ OTRO (¿cuál?)			
Información del habitante (declaración del entrevistado)	D	Tiempo que lleva dentro de la casa (en el día)	1	☐ menos de ½ hora		
			2	☐ más de ½ hora		
	E	actividad desarrollada (inmediatamente antes y/o durante la entrevista)	1	☐ pasiva y/o descansada		
			2	☐ actividad moderada		
			3	☐ actividad intensa		
	F	sexo	Tiempo de la última ingesta (mas de 1 hora, menos de 1 hora)			
			1	☐ hombre		
			2	☐ mujer		
			peso			
			estatura			
edad						
G	peso	kgs				
		estatura				
		edad				
H	Tipo de vestimenta					
	1	☐ LIGERA (pantalón corto/playera)	2	☐ NORMAL (ropa de calle, casual o de vestir)	3	☐ ABRIGADA (saco, sweater, chamarra)

Es muy importante que sus respuestas sean razonadas. Tome su tiempo para dar una respuesta meditada, con base a las sensaciones que ha experimentado previamente en el Estado de Colima en diferentes temporadas.

Información sobre las sensaciones del clima		
I Sensación térmica (en el aire)	7	☐ MUY CALIENTE (calor severo, sopor) Incomodidad extrema. Nada puede refrescarlo. Sudaba copiosamente. No tolera la ropa. No puede trabajar.
	6	☐ CALUROSO Incomodidad permanente pero controlable. Le incomoda la ropa usual. Sudaba regularmente. Sus actividades se reducen.
	5	☐ LIGERAMENTE CALUROSO (calor leve) Incomodidad ocasional. Sensación de bochorno. Presencia de sed o necesidad de refrescarse. No impide el desarrollo de las actividades normales.
	4	☐ COMFORT Sensación no identificable. Ni frío ni calor. No requiere poner en marcha ningún mecanismo de ajuste térmico. La temperatura le pasa desapercibida.
	3	☐ FRESCO (levemente frío) Incomodidad ocasional que puede ser resuelta por exposición directa al sol matutino o una prenda ligera adicional.
	2	☐ FRÍO Incomodidad permanente. Ocasionalmente tiritó y se le erizó la piel. Requiere abrigo o bebidas calientes.
	1	☐ MUY FRÍO (frío severo) Incomodidad extrema. Siente dolor al respirar y en las extremidades. El frío le cala hasta los huesos. Además de chamarras requiere bufanda, guantes y zapatos.
J Sensación de humedad (superficial en la piel)	6	☐ MUY HÚMEDO (goteo de sudor) Siente incomodidad permanente. El sudor escurre y moja la ropa. Humedece los objetos que manipula con las manos. Se siente sofocado al respirar.
	5	☐ HÚMEDO Siente levemente húmeda la piel con una sensación refrescante con el viento. Ocasionalmente aparecen perlas de sudor. Incomodidad ocasional.
	4	☐ ALGO HÚMEDO (levemente húmedo) Siente incomodidad en la piel por la humedad, pero la piel continúa seca.
	3	☐ NORMAL (Neutral) No percibe ningún tipo de incomodidad respecto a la humedad. Ni sequedad ni humedad excesiva. No distingue la sensación.
	2	☐ SECO Incomodidad ocasional. Siente la piel reseca, sobre todo alrededor de las comisuras de la boca.
	1	☐ MUY SECO (irritante) Incomodidad permanente. Siente el aire muy reseco y se le secan las mucosas de nariz y garganta.
K Sensación de ventilación (indicadores de velocidad)	5	☐ RÁPIDO El movimiento del aire es muy fuerte. Causa bastante incomodidad. Impide realizar actividades sedentarias.
	4	☐ LIGERO Siente el movimiento del aire con intensidad. Ocasionalmente vuelan las hojas de papel u otros objetos ligeros. Causa cierta incomodidad.
	3	☐ MEDIO Siente el movimiento del aire que pesa sobre la piel. No le causa ninguna incomodidad.
	2	☐ CALMA No siente ningún movimiento del aire. Percibe cierta incomodidad (ligero sofocamiento).
	1	☐ SOFOCANTE El aire se siente pesado. Hace sentir el ambiente sofocado y/o encerrado. El aire no se mueve.
L Cómo se sintió durante el sueño (por la noche)	5	☐ CALUROSO Aun si tenía activado algún mecanismo de control (como ventilador), sintió incomodidad extrema. No toleraba la ropa. Sudaba copiosamente. Se sentía sofocado al respirar.
	4	☐ LIGERAMENTE CALUROSO Aun si durmió con ropa ligera, sintió una leve incomodidad por la humedad en la piel, aunque esta continuaba seca.
	3	☐ CÓMODO Si despertaba durante la noche, estaba relajado, es decir, no tenía ninguna referencia sobre el frío o el calor.
	2	☐ FRÍO Usó ropa de cama normal y/o una sábana o cobija ligera.
	1	☐ MUY FRÍO Usó ropa muy abrigada y/o cobija pesada. Si se levantaba para ir al baño, por ejemplo, al regresar a la cama pesaba un rato antes de entrar en calor nuevamente.
Información sobre las preferencias del clima		
M Preferencias de temperatura	3	☐ PREFERIRÍA MÁS CALOR
	2	☐ SE SIENTE BIEN CON LA TEMPERATURA DEL MOMENTO
	1	☐ PREFERIRÍA MÁS FRESCO
N Preferencias de ventilación	3	☐ PREFERIRÍA MÁS VELOCIDAD
	2	☐ SUFICIENTE VELOCIDAD
	1	☐ PREFERIRÍA MENOS VELOCIDAD
Nombre del encuestador		

ANEXO F: MANUAL DE ENCUESTA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA**

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



Manual de encuesta y trabajo en campo.

Evaluación del confort térmico en sujetos con actividades deportivas

2019

ÍNDICE DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN

1. ENCUESTA

1.1. Cuestionario

1.1.1. Estructura del cuestionario

1.1.2. Descripción del cuestionario

1.1.3. Aplicación del cuestionario

2. INSTRUMENTOS

2.1. Monitor de estrés térmico

2.2. Anemómetro

2.3. Radiómetro

2.4. Sonómetro

2.5. Luxómetro

2.6. Montaje de equipos

2.7. Termómetros infrarrojos (oído y piel)

2.8. Monitor de presión sanguínea y ritmo cardiaco

2.9. Báscula y Flexómetro

3. CAPTURA DE DATOS

3.1. Estructura y variables de base de datos

3.2. Proceso de captura

PRESENTACIÓN

En la presente investigación fue necesario realizar una recopilación de datos de los sujetos que realizan actividades deportivas, su percepción térmica, preferencia, tolerancia, así como las variables meteorológicas con base a un procedimiento de encuestas y cuestionarios para lo mismo. Lo anterior para evitar sesgos en la información e interpretaciones equivocadas de las palabras que se utilizan en el cuestionario o problemas en el funcionamiento e interpretación de datos de los instrumentos con los que se trabaja.

Se elaboró el presente manual de encuesta en base al desarrollado por Bojórquez (2010), para ayuda a reducir y evitar errores en la aplicación del cuestionario, captura de información y funcionamiento de instrumentos para el proyecto titulado **Confort térmico en espacios públicos exteriores para actividades intensas deportivas: en clima cálido seco extremoso**. Éste va dirigido al personal de apoyo que colaboran en la aplicación en la encuesta. El objetivo de este documento es informar a los usuarios del instrumento a aplicar, como está estructurado, su proceso de uso y que se consideró en su elaboración. Este documento se estructura en tres partes:

- Cuestionario donde se describe la estructura y reactivos del mismo,
- Equipo en este se describe el funcionamiento técnico de los instrumentos que se utilizan como apoyo en el proceso de la encuesta y,
- Captura de datos se conforma de tres apartados que son. El segundo apartado trata sobre los criterios de diseño de la hoja de captura en Excel, el procedimiento de captura y algunas consideraciones de su uso.

El manual es proporcionado a los encuestadores y personal de apoyo. A quienes se les imparte un taller de capacitación en donde se analizan a fondo las variables que cubre la encuesta y se les habilita en el llenado de la misma y en la utilización de los equipos e instrumentos de variables climáticas y signos vitales del usuario, además del uso correcto de báscula y flexómetro.

1. ENCUESTA

En este apartado se describen el cuestionario, la estructura del mismo, también se considera la explicación detallada de cada componente de la encuesta y el significado de los términos utilizados, así como las consideraciones antes, durante y después de su aplicación.

1.1. Cuestionario

A continuación, se desglosa la estructura del cuestionario y la descripción detallada de sus componentes.

1.1.1. Estructura del cuestionario

Se manejaron ocho apartados en el cuerpo del cuestionario, lo que separaba en grupos las preguntas para una más fácil captura de los datos que se recabaron, estas secciones fueron: 1. Datos de control, 2. Percepción térmica, 3. Percepción lumínica y acústica, 4. Historial térmico, 5. Datos fisiológicos, 6. Aislamiento por ropa, 7. Variables meteorológicas, 8. Características del medio construido.

Así mismo se utilizó un lenguaje sencillo y entendible tanto para las personas del estudio como para los que realizan las preguntas, esto permitió un proceso fluido al realizar la encuesta; se revisó que cada pregunta no tuviera alguna ambigüedad que pudiera confundir o persuadir a alguna respuesta específica. (Figura 1 y 2)

1.1.2. Descripción de componentes del cuestionario

Como ya se mencionó antes el cuestionario esta dividido en nueve grupos, a continuación en cada tabla, por grupo se indica la ubicación de cada reactivo del cuestionario, el concepto al que se refiere en la encuesta, si es un indicador (I) o una variable (V); se describe de forma breve y se señala si la fuente de la información es en campo (C) o se llena en gabinete (G).

Los indicadores son solo para registro y control. Las variables, permiten ser procesadas estadísticamente y cruzarla con cualquier otra variable o bien en combinación de variables. A las variables se les asigno un código de control que representa la ubicación de la variable dentro del cuestionario.

Universidad Autónoma de Baja California / Instituto de Ingeniería / Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería Trabajo doctoral: Confort térmico para actividades deportivas intensas en espacios públicos exteriores: Mexicali, B.C. Responsable: M.Arq. Hiram Eduardo Urias Barrera, al83783@uabc.com.mx, Cel. 044(686)321-33-57							
Objetivo: Recabar información de los efectos del clima extremo en personas que realizan actividades deportivas en espacios públicos exteriores, para determinar el riesgo en la salud de los mismos. Le solicitamos su apoyo para contestar este cuestionario, la duración máxima son 7 minutos, la información recabada será confidencial.							
INSTRUCCIONES: Marque con un signo de verificación (palomita) '✓', en el área correspondiente a la respuesta. En algunos casos, se debe llenar el campo indicado. Las preguntas con asterisco (*) corresponden a información a llenar, sin preguntarla al encuestado.							
1. DATOS DE CONTROL. (Solo para control interno)							
1.1*. Folio de cuestionario: []		1.2. Fecha (dd/mm/aa): []		1.3*. Hora inicial (hh:mm): []		1.4*. Hora final (hh:mm): []	
1.5*. Encuestadores (nombre, apellido): []				1.6*. Revisó encuesta (nombre, apellido): []			
1.7*. Capturó (nombre, apellido): []				1.8*. Revisó captura (nombre, apellido): []			
2. PERCEPCIÓN TÉRMICA.							
Escala de medición		1	2	3	4	5	6
Sensación térmica							
2.9. ¿Cómo se siente en este momento?		[] Mucho frío	[] Frio	[] Algo de frío	[] Ni calor, ni frío	[] Algo de calor	[] Mucho calor
Preferencia térmica							
2.10. ¿Cómo preferiría sentirse en este momento?		[] Mucho más frío	[] Más frío	[] Un poco más frío	[] Sin cambio	[] Un poco más caliente	[] Mucho más caliente
Sensación humedad							
2.11. ¿Cómo se siente en este momento con respecto a la humedad?		[] Muy húmedo	[] Húmedo	[] Algo Húmedo	[] Normal	[] Algo seco	[] Muy seco
Preferencia humedad							
2.12. ¿Qué preferiría en estos momentos con respecto a la humedad?		[] Mucho más húmedo	[] Más húmedo	[] Un poco más húmedo	[] Sin cambio	[] Un poco más seco	[] Mucho más seco
Sensación de viento							
2.13. ¿Cómo siente el viento en este momento?		[] Nada de viento	[] Algo de viento	[] Viento agradable	[] Algo fuerte	[] Muy fuerte	
Preferencia de viento							
2.14. ¿Cómo preferiría el viento en este momento?		[] Menos viento	[] Sin cambio	[] Más viento			
Sensación radiación							
2.15. ¿Cómo siente la radiación solar en su piel, en estos momentos?		[] Nada de radiación	[] Algo de radiación	[] Radiación agradable	[] Radiación algo fuerte	[] Radiación muy fuerte	
Preferencia radiación							
2.16. ¿Cómo preferiría la radiación solar en su piel en estos momentos?		[] Menos radiación	[] Sin cambio	[] Más radiación			
Aceptación personal							
2.17. ¿Cómo considera el clima en el lugar?		[] Generalmente aceptable	[] Generalmente inaceptable				
Tolerancia personal							
2.18. ¿Qué tan tolerable le parece el clima en este momento?		[] Perfectamente tolerable	[] Tolerable	[] Entre tolerable e intolerable	[] Intolerable	[] Extremadamente intolerable	
3. PERCEPCIÓN LUMÍNICA Y ACÚSTICA							
Escala de medición		1	2	3	4	5	
Sensación lumínica							
3.19. ¿Cómo siente la luz natural en el parque/área deportiva en este momento?		[] Pésima	[] Mala	[] Regular	[] Buena	[] Excelente	
Preferencia lumínica							
3.20. ¿Cómo preferiría la luz natural en el parque/área deportiva en este momento?		[] Menos luz	[] Sin cambio	[] Más luz			
Sensación auditiva							
3.21. ¿Percibe ruidos molestos en el parque/área deportiva en este momento?		[] No se perciben ruidos	[] Se perciben ruido débil	[] Se perciben ruido medio	[] Se perciben ruido fuerte	[] Se perciben ruido muy fuerte	
Preferencia auditiva							
3.22. ¿Cómo preferiría estar en relación con el ruido en el parque/área deportiva en este momento?		[] Menos ruido	[] Sin cambio	[] Más ruido			
4. HISTORIAL TÉRMICO							
4.23. ¿Siempre ha vivido en Mexicali?: 1. [] No 2. [] Si		4.24. Ciudad donde vivía antes: []		4.25. Años de vivir en Mexicali: [] años			
4.26. ¿Qué actividad deportiva estaba realizando?: []		4.27. ¿Cuánto tiempo lleva realizando esta actividad?: 1. [] < 30 minutos 2. [] > 30 minutos					
4.28. ¿Ha consumido alguna bebida durante la actividad que realizaba?: 1. [] Si 2. [] No		especifique []					
4.29. ¿Hace cuanto fue su última ingesta de alimento?: 1. [] < 60 min 2. [] > 60 min		especifique []					
4.30. ¿Usa con frecuencia el aire acondicionado en su vivienda/oficina?: 1. [] Si 2. [] No		especifique el tiempo: [] Horas					
4.31. ¿Pasa la mayor parte del día en el interior de su vivienda/oficina u otros lugares con aire acondicionado encendido?: 1. [] Si 2. [] No							
4.32. ¿Qué medio de transporte utilizó para venir al parque/área deportiva?: 1. [] Automóvil 2. [] Bicicleta 3. [] Caminando							
4.33. ¿El transporte en el que llegó al parque/área deportiva tenía encendido el aire acondicionado?: 1. [] Si 2. [] No							
4.34. ¿Aproximadamente cuánto duró el trayecto de su vivienda/oficina al parque/área deportiva?: 1. [] < 30 minutos 2. [] > 30 minutos							
4.35. ¿Cuál es el tiempo total que lleva realizando su actividad en el parque/área deportiva?: 1. [] < 30 minutos 2. [] 30 minutos 3. [] > 60 minutos							

Anexo F1.- Parte frontal del cuestionario para levantamiento de información.

5. DATOS FISIOLÓGICOS									
5.36. Edad: [] años		5.37*. Sexo: M [] F []		5.38. Estatura: [] cm		5.39. Peso: [] Kg		5.40. Temperatura interna: [] °C_oido	
5.41. Temperatura de piel: [] °C_frente, [] °C_dorso derecho, [] °C_dorso izquierdo		5.42*. Presión arterial: [] diastólica [] sistólica							
5.43*. Consumo de oxígeno: [] VO ₂									
6. AISLAMIENTO POR ROPA.									
6.44a TIPO DE VESTIMENTA									
1.* [] Muy ligera 		2.* [] Ligera 		3.* [] Normal para verano 		4.* [] Abrigado 		5.* [] Muy Abrigado para invierno 	
						6.45b*. sombrero/gorra 1.[] Si 2.[] No		6.46*. lentes de sol 1.[] Si 2.[] No	
								6.47*. Otros [] Indique []	
7. VARIABLES METEOROLÓGICAS.									
Medidor de estrés térmico:		7.48. Temperatura bulbo húmedo (WGBT): [] °C				7.49. Temperatura bulbo seco (TA): [] °C			
7.50. Temperatura Globo Gris (TG): [] °C		7.51. Humedad relativa (HR): [] %							
Anemómetro		7.52. Velocidad de viento (VV): [] m/s		Radiómetro		7.53. Radiación Solar (RS): [] W/m ²			
Luxómetro		7.54. Iluminación: [] lux		Sonómetro		7.55. Acústica: [] dB			
8. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO CONSTRUIDO.									
8.56*. Pisos		a) Material		1. Concreto: []		2. Pasto Natural: []		3. Pasto artificial: []	
		b) Color		1. Claro []		2. Intermedio []		3. Oscuro []	
8.57*. Muros		a) Material		1. Bloque []		2. Madera []		3. Malla metálica []	
		b) Color		1. Claro []		2. Intermedio []		3. Oscuro []	
8.58*. Mobiliario		a) Material		1. Bloque []		2. Madera []		3. Metálico []	
		b) Color		1. Claro []		2. Intermedio []		3. Oscuro []	
8.59*. Horario y asoleamiento		a) Horario aplicación		1. Día: []		2. Noche: []		Nota: si la encuesta se realizó en la noche, pase a la pregunta 8.59-c	
		b) Asoleamiento		1. Soleado []		2. Sombreado []		Indique tipo de sombreado: []	
		c) Condición de cielo		1. Despejado []		2. Medio nublado []		3. Nublado []	

¡Gracias por su participación y apoyo!

Anexo F2.- Parte posterior del cuestionario para levantamiento de información.

Grupo I

El grupo I, se denomina “datos de control” y sirve como referencia del folio de encuesta y el encuestador que la aplicó. Además, se incluyen datos del proceso de captura y revisión en la base de datos. (Tabla 1).

Anexo F3. Componentes de “Datos de control” grupo I

GRUPO	UBICACIÓN Código de control	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
Grupo I	1.1	Folio	Es número progresivo, para tener ordenadas las encuestas. Cada folio significa un caso. El total de folios es el total de encuestas, incluye las consideradas “No respuesta” o canceladas por errores de captura.
	1.2	Fecha	Se indicará la fecha en formato de día/mes /año (dd/mm/aaaa). Lo anterior servirá para ubicar la aplicación por temporada de estudio.
	1.3	Hora inicial	Se indicará la hora en que se inició la encuesta en formato de formato de 24 horas, (19:30 en vez de 7:30 PM). Esta variable servirá como control y comparación del inicio de la encuesta, los valores registrados en el monitor de estrés térmico, y la duración de la encuesta. Además de la distribución horaria de las encuestas en su aplicación. También se analizará la variación del confort térmico a lo largo del día.
	1.4	Hora final	Se indicará la hora en que se finalizó la encuesta en formato de formato de 24 horas, (19:30 en vez de 7:30 PM). Esta variable servirá como control y comparación del final de la encuesta, los valores registrados en el monitor de estrés térmico, y la duración de la encuesta. Además de la distribución horaria de las encuestas en su aplicación. También se analizará la variación del confort térmico a lo largo del día.
	1.5	Encuestadores	Identifica quienes aplicaron el cuestionario. Es para saber quiénes son responsables del levantamiento de la información. Se utilizarán nombre y primer apellido.
	1.6	Revisó encuesta	Identifica quienes revisaron el cuestionario posterior a su aplicación. Se utilizarán nombre y primer apellido.
	1.7	Capturó	Identifica quienes capturaron el cuestionario. Es para saber quiénes son responsables de introducir la información en la base de datos. Se utilizarán nombre y primer apellido.
	1.8	Revisó captura	Identifica quienes revisaron la captura en la base de datos. Se utilizarán nombre y primer apellido.

Grupo II y III

El grupo II, se denomina “Percepción del térmica” y “Percepción acústica y lumínica”. En este grupo se recopila la información referente a la aplicación de las preguntas referidas a las sensaciones por temperatura, humedad, ventilación y radiación, así como las preferencias de temperatura, humedad, ventilación y radiación, además de la aceptación personal del ambiente y la tolerancia al mismo; por otro lado, el grupo III recaba información sobre la sensación y preferencia de la intensidad de la iluminación y la potencia de los sonidos en el ambiente.

Es importante mencionarle a la persona encuestada que sus respuestas deben ser razonadas. Que debe tomar su tiempo (para su proceso de percepción del ambiente térmico) para dar una respuesta meditada, con base a las sensaciones del momento o las que ha experimentado previamente, de acuerdo al sentido de la pregunta.

En ambos grupos son preguntas de tipo cerrado, se tienen respuesta de tipo escala, con siete opciones de sensación térmica basadas en ISO 10551 (estas se modifican en las preguntas de sensación y preferencia en viento, radiación, iluminación y sonido ver figuras 1 y 2), las cuales son las siguientes:

1: Mucho frío

Frío severo. Incomodidad extrema. Siente dolor al respirar y en las extremidades. El frío le cala hasta los huesos. Además de abrigo requiere bufanda, gorro y guantes.

2: Frío

Incomodidad permanente. Ocasionalmente tiritita y se le enchina la piel. Requiere abrigo o bebidas calientes.

3: Algo de frío

Levemente frío. Incomodidad ocasional que puede ser resuelto por exposición directa al sol o una prenda ligera adicional.

4: Ni calor ni frío

Confortable, sensación no identificable. Ni frío ni calor. No siente ningún mecanismo fisiológico de ajuste térmico (sudar, tiritar, etc.). La temperatura le pasa desapercibida.

5: Algo de calor

Calor ligero. Incomodidad ocasional. Sensación de bochorno. Presencia de sed o necesidad de refrescarse. No impide el desarrollo de las actividades normales.

6: Calor

Incomodidad permanente pero controlable. Le incomoda la ropa usual. Suda regularmente. Sus actividades se reducen.

7: Mucho calor

Calor severo, sopor. Incomodidad extrema. Nada puede refrescarlo. Suda copiosamente. No tolera la ropa. No puede realizar actividades.

Grupo IV

El grupo IV, se denomina “Historial térmico”. La información a reunir en este grupo de preguntas se refiere a la ciudad de origen del usuario, su tiempo de residir en la ciudad, las actividades que desarrolla durante su permanencia en el parque, tiempo total de realizar la actividad, frecuencia de asistencia al parque y algunos aspectos de consumo de bebidas o alimentos durante la encuesta, además de tiempo que este pasa en espacios exteriores y tiempo que permanencia en espacios climatizados artificialmente.

Grupo V

La sección de “Datos fisiológicos” es la quinta. En este grupo se recopila la información referente al sexo del encuestado, su peso, estatura y edad. También se registra datos como temperatura de piel, de oído, además de ritmo cardíaco y presión arterial. Cabe mencionar que, en este apartado, para recopilar los datos se tomaban consideraciones como no tener contacto físico directo con los entrevistados por cuestiones de protocolo.

Grupo VI

En este apartado registra el tipo de vestimenta, en el momento de la encuesta, conforme a la clasificación propuesta en el cuestionario la cual se retomó de la norma ISO 8996. Cabe mencionar que el apartado que se refiere al tipo de vestimenta, será complementado solo por observación.

Grupo VII

El grupo IV, se denomina “variables climáticas”. En este grupo se recopila la información referente a la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo y globo, temperatura de globo gris, humedad relativa, radiación solar, velocidad de viento, luxes y decibeles, estas variables se miden por medio del monitor de estrés térmico, anemómetro, sonómetro, luxómetro, radiómetro con el sensor del mismo nombre.

Grupo VIII

A este, se denomina “características del medio construido”. La información a reunir en este grupo es solo por observación del lugar donde se aplica la encuesta. Esta información podrá ser llenada antes o después de la aplicación de la encuesta, sin la presencia de la persona que se le aplique el cuestionario. La información que incluye el grupo es sobre los pisos, los tipos de muros, incluye muros bajos, el mobiliario y el soleamiento.

1..3. Aplicación del cuestionario

Capacitación de encuestadores

Primeramente, se le hace entrega una copia de este manual para su lectura. Posteriormente se realiza un taller donde se analizan: el cuestionario, su contenido, el objetivo del mismo, procedimiento de aplicación, uso del equipo y ensayo de la aplicación del cuestionario. Como parte final se hace una prueba en campo con sujetos que realicen actividades en un espacio recreativo, para evaluar las cualidades y aprendizaje del encuestador.

Como parte de las estrategias de control de la encuesta se trabaja en grupos de tres a cuatro personas, de preferencia dos hombres y una mujer, o dos hombres y dos mujeres para dar a los encuestados confianza y a los encuestadores seguridad y apoyo entre ellos mismos, cabe mencionar que cuando se incluyan datos de signos vitales del grupo V, es necesario tres personas lo anterior para mantener los tiempos de aplicación, así también será asignado un responsable de las actividades de encuesta el cual será elegido por el propio equipo de aplicación.

Las actividades de los integrantes de cada equipo fueron las siguientes:

- 1) Manejo de equipo de medición de variables físicas (1 persona): encargado del equipo de medición de las variables físicas establecidas en las encuestas (temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo y globo, temperatura de globo gris, radiación solar, velocidad de viento, humedad relativa, luxes, decibeles).
- 2) Aplicación de encuesta (2 personas): encargadas de la aplicación de la encuesta de confort térmico, se encargan de entregar las tablas con el cuestionario y despejar dudas, además de tomar las temperaturas requeridas.
- 3) Manejo de equipo para registro de signos vitales (1 persona): encargado del equipo de medición de las variables de signos vitales físicas establecidas en las encuestas (temperatura interna, temperatura de la piel, presión sistólica, presión diastólica y pulso cardiaco) y tomar las medidas humanas (peso y estatura).

Aplicación del cuestionario en campo

Antes de cada etapa de aplicación de la encuesta se hará una planeación para considerar, conforme a la muestra diseñada, el número de cuestionarios a emplear, horarios y personal disponible. Lo anterior para preparar el material necesario para el desarrollo del trabajo.

Las encuestas se realizarán en los horarios de operación del espacio recreativo, de tal forma que se cubran todos los periodos de uso en proporción al nivel de asistencia al lugar, lo anterior servirá para evitar que se acumulen encuestas levantadas a una hora solamente. Se debe tener en cuenta siempre el tiempo el cual debe estabilizarse el equipo, el cual es de 10 minutos.

Se entregan: horario de trabajo, cuestionarios foliados, tabla de apoyo para encuestas, flexómetro (cinta métrica), báscula de piso portátil y una superficie plana de apoyo por si se requiere utilizarla, equipo ExTech 30 con un sistema de protección temporal para la radiación y temperatura, Anemómetro ExTech AN 10, Sonómetro ExTech 43XXX, Luxómetro ExTech, Radiómetro DR 206, termómetro infrarrojo de temperatura interna (oído), termómetro infrarrojo de temperatura externa (piel), monitor de presión sanguínea y ritmo cardiaco, copia impresa del manual de la encuesta, identificación oficial del proyecto, ubicación del equipo para la aplicación del cuestionario dentro del espacio recreativo y el establecimiento de un punto fijo para la entrega de las encuestas. La entrega de la encuesta debe ser máximo al siguiente día para evitar extravíos.

Revisión e instalación del equipo

Aun cuando se revisa el equipo por parte del personal de apoyo será responsabilidad de los encuestadores de revisarlo al recibirlo, y asegurarse que se tenga cada una de las cosas mencionadas en el párrafo anterior, además de lo siguiente:

- El nivel de carga de las baterías Monitor de estrés térmico.
- El nivel de carga de la batería del anemómetro.
- Baterías de repuesto AA, AAA y 9v.
- El funcionamiento de termómetro infrarrojo de temperatura interna (oído), termómetro infrarrojo de temperatura externa (piel), monitor de presión sanguínea y ritmo cardiaco.

Los instrumentos deberán revisarse antes de salir a campo y antes de iniciar la aplicación de las encuestas.

Una vez revisado los instrumentos se procederá a ubicar el sitio asignado en el espacio recreativo, el cual podrá ser modificado por si se considera que en otra ubicación habrá más encuestados potenciales. Para proceder a instalar el equipo, algunos aspectos que deberán cuidar para la instalación serán los siguientes:

- Es necesario evitar la radiación solar reflejada sobre el equipo, en la manera de lo posible, ya sea de muros o pisos.
- Se deben evitar ubicar el equipo cerca de fuentes de calor como muros con masa térmica, estructura metálica u elementos similares.

- En la manera de lo posible es necesario no tener elementos que obstruyan el flujo de viento sobre el anemómetro.
- La ubicación del equipo no debe obstaculizar las actividades propias del espacio recreativo.
- Se debe evitar ubicar el equipo próximo a fuentes de humedad como espejos de agua, fuentes, pasto mojado, etc.
- Es importante planear la ubicación de los encuestados con respecto al equipo para que estos no bloqueen las corrientes de aire, y recordar que el monitor de estrés térmico Exttech 30 representan la sensación del entrevistado, por lo que importante su cercanía a él.
- Una vez instalado el equipo se debe asegurarse que este firme y sin riesgo de caerse o ser golpeado por alguna persona realizando alguna actividad en el espacio recreativo.

Contacto y presentación con el sujeto a encuestar

En principio se tiene que observar las diversas actividades que se realizan en el espacio recreativo; se seleccionan grupos de personas que realizan actividades deportivas de conjunto de forma determinística de entre los disponibles próximos al área de instalación del equipo. Se comunica antes de que comiencen las actividades, si estos quisieran colaborar en el estudio, se le explica de forma breve lo siguiente:

“Es un estudio sobre confort térmico en exteriores y servirá para tener una idea sobre las condiciones ideales para realizar las diferentes actividades deportivas en este lugar, además esto permitirá considerar en qué contextos del clima seria de riesgo practicar algunas actividades”

Se debe mencionar que es parte de una investigación que se está desarrollando en el Universidad Autónoma de Baja California y el Instituto de ingeniería.

Si el grupo no accede a ser encuestado se le da las gracias de forma amable y se despide, si acepta se le explica que las siguientes personas no pueden ser consideradas para el estudio: 1) menores de 12 años y mayores de 60, 2) con enfermedades crónicas, desbalance hormonal, embarazo, gripe, periodo de lactancia, menopausia, andropausia, periodo menstrual.

Aplicación del cuestionario

Para proceder a aplicar el cuestionario en el primer acercamiento se explica de forma breve en que consiste, el hecho de que será medido y pesado y todo lo que conlleva la encuesta. Es importante ubicar al grupo de personas de tal forma que el equipo este lo más próximo a estos, pero sin que se bloquee el flujo de viento.

Se inicia proporcionando tablas y plumas para el llenado del cuestionario por parte de los encuestados; en todo momento se le tiene que hacer saber que cualquier duda con respecto a las preguntas puede ser exteriorizada para su aclaración; por lo anterior se redactó en un lenguaje sencillo para su fácil comprensión. Al mismo tiempo, un individuo del personal de apoyo toma los datos meteorológicos en con los instrumentos, además de la hora de inicio de las encuestas.

Posteriormente al llenado de la primera parte del cuestionario, se realizan las mediciones fisiológicas (temperaturas de piel y oído, presión arterial y pulso cardiaco) y la toma de datos personales como edad y sexo, lo anterior con la intención de no retener por más tiempo al encuestado y que no se pierda el estado fisiológico de los individuos después de realizar las actividades deportivas. Si en algunos casos el encuestado no autoriza que se le tomen los signos vitales se procederá a darle las gracias de forma amable y despedirse.

Consecutivamente, y para culminar se realiza el pesaje y toma de la altura, de las personas del grupo para anotarlas en cada una de las encuestas realizadas. El proceso de pesado se hace con una báscula de piso portátil apoyada sobre una superficie plana (se proveerá de un acrílico de alta resistencia para los casos en que se trabaje sobre tierra o pasto). Es necesario al momento de iniciar el pesado que el indicador este en cero. La posición correcta sobre la báscula es pararse sobre de forma centrada sobre la superficie para pies. Durante el pesado los sujetos deberán permanecer inmóviles ya que los movimientos alteran el registro de peso.

Cabe mencionar que aun cuando la báscula registra los valores en libras, para el análisis de datos estas serán convertidas a kilos. El encuestador deberá acostumbrarse a leer la báscula sin estar sobre ella, para lo que se harán algunas prácticas en el taller de capacitación. El límite de peso es de 150 kilogramos, no debe utilizarse en lugares con exceso de humedad. Para medir la altura de las personas, se utiliza un flexómetro o cinta métrica, la cual deberá estar firme y recta el momento de proceder a medir.

En las secciones VI y VIII, se llenan por medio de observación del encuestador. Es muy importante que el cuestionario en sus preguntas cerradas sea llenado con una línea diagonal en la casilla seleccionada, ya que en pruebas realizadas se observó que el uso de una equis requiere el doble de tiempo.

Revisión rápida del cuestionario

Una vez que concluye la aplicación del cuestionario, y antes de despedir a los entrevistado, se hace una revisión rápida para asegurarse que no hayan quedado preguntas sin responder, una vez verificado lo anterior se procede al “agradecimiento y despedida”. Si quedo alguna pregunta o actividad pendiente se realiza de inmediato.

Agradecimiento y despedida

La parte final en campo de la aplicación del cuestionario es proceder a agradecer al grupo de encuestados su colaboración y se despide de forma cordial del mismo, y se le comenta que posiblemente se vuelva a solicitar su colaboración en otra ocasión o en otra época del año para el mismo estudio.

Desmontado de instrumentos y entrega de encuestas

Una vez concluido el horario de aplicación de encuestas o haber terminado el número de encuestas a aplicar, se procede a desarmar los instrumentos de trabajo y guardarlos en sus estuches correspondientes. Los instrumentos serán entregados, en el lugar convenido previamente, al personal de apoyo o a otro grupo de encuestadores del horario próximo siguiente. Cabe mencionar que las encuestas siempre deberán ser entregadas al personal de apoyo por el equipo que las aplicó, no por otro equipo.

Revisión y archivo

Para proceder a archivar los cuestionarios aplicados, se revisa en ese momento el llenado de cada una de las respuestas, no en contenido, sino en que efectivamente se levantó la información. El lugar de recepción lo elige el responsable del proyecto. Cada encuesta completa y llena correctamente ya forma parte de la muestra. Una encuesta incompleta va a tener huecos en algunas variables y deberá ser cancelada, lo anterior se hará mediante una línea diagonal con un letrero diagonal que diga “cancelada”. Una vez realizada la revisión rápida del llenado de encuestas, se archivan de acuerdo a: temporada de aplicación y hora de aplicación.

Las respuestas a las preguntas cerradas deberán consignarse marcando con una línea diagonal o “paloma”, los cuadros a la izquierda o abajo de las opciones. Se debe evitar el uso de cruces o círculos. Las respuestas a las preguntas abiertas se deben escribir en las áreas correspondientes con letra de molde clara y legible. Los datos correspondientes a los parámetros climáticos y de signos vitales deben escribirse tal como aparecen en las pantallas de los equipos utilizados.

2. INSTRUMENTOS

En este apartado se describen los instrumentos que se utilizaran de apoyo durante la aplicación del cuestionario, así como su funcionamiento técnico y consideraciones operativas. Los instrumentos a utilizar son: monitor de estrés térmico, sensor de temperatura de globo gris, termómetro infrarrojo de temperatura interna, termómetro infrarrojo de temperatura externa, monitor automático de presión sanguínea y ritmo cardíaco, báscula y flexómetro.

2.1 Monitor de estrés térmico ExTech HT 30

Se utilizó este medidor de estrés térmico, que mide el índice de calor térmico (WBGT), para establecer la incomodidad térmica de los sujetos al combinarse la humedad relativa, temperatura de bulbo seco, velocidad de viento y radiación solar directa o radiante (Anexo F4).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
Anexo F4.-Monitor de estrés térmico ExTech HT30

El instrumento cuenta con sensores de Temperatura de globo negro (TGN) para establecer el efecto de la radiación solar directa sobre una superficie expuesta; para la investigación, se utilizó el de bulbo gris, por lo cual el sensor se pintó de un color gris con una emisividad de 0.5, conforme a lo recomendado por Humpreys en el trabajo de Nikolopoulou y Likoudis (2006).

Además, cuenta con sensores para medir temperatura de bulbo seco (TBS) y humedad relativa (HR). Las características adicionales incluyen: selección de unidades °F/°C, apagado automático con mando e interfaz RS-232 con programa 407752 para Windows, conveniente para el almacenamiento y descargas de los datos (Anexo F5).

Anexo F5.- Características y especificaciones del monitor de estrés térmico

Concepto	Especificación
Temperatura de globo y bulbo húmedo (TGBH)	0°C a 50°C (32°F a 122°F)
Precisión de TGBH	Calculado de parámetros medidos
Temperatura de globo negro (TGN)	-30°C a 550°C (-22°F a 1022°F)
Precisión TGN IN	±2°C (4°F)
OUT	±3°C (5,5°F)
Temperatura del aire (TBS)	0°C a 50°C (32°F a 122°F)
Precisión	±1°C (1,8 °F)
Humedad relativa (HR)	0 a 100%HR
Precisión HR	±3% (@25°C, 10 a 95%RH)
Resolución	0,1°F/°C; 0,1%HR
Temperatura de operación	0°C a 50°C (32°F a 122°F)
Humedad de operación	Max. 80% RH
Fuente de energía	Dos baterías AAA
Vida de la batería	Aprox. 1000 horas
Dimensiones	Medidor: 254 x 48.7 x 29.4mm (10x1,9x1,1") Esfera negra: 40mm, 35mm (1,57 D., 1,37H)
Peso	136g (4,8 oz.)
Accesorios Optativos	Software PC y cable (407752)

Fuente: Elaboración propia, en base manuales ExTech.

2.2 Anemómetro AN10.

Este dispositivo mide la velocidad del viento con un sensor de paletas en miniatura, las unidades en las que arroja los valores registrados son cinco diferentes: m/s, fpm, mph, kph y nudos. Cuenta con una pantalla retroiluminada mediante sensor para su encendido lo que hace fácil las lecturas de valores; una de las características principales del mismo es que es unidireccional, lo cual dificultó la toma de mediciones en campo (Figura Anexo F6).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
Anexo F6.- Anemómetro ExTech AN10

En cuanto a la precisión del instrumento, en la tabla Anexo F7 se desarrollan las escalas y su resolución, así como los rangos de las lecturas de este:

Anexo F7.- Tipos de mediciones y precisión del anemómetro.

Función de medición	Escala y Resolución	Precisión (de la lectura)
m/s (metros por segundo)	1,1 a 20	+/- (1% + 0,10 m/s)
fpm (pies por minuto)	80 a 3936	+/- (3% + 40 ft/m)
mph (millas por hora)	0,9 a 45	+/- (3% + 0,4 mph)
kph (kilómetros por hora)	0,8 a 72	+/- (3% + 1,0 km/h)
Nudos	0,8 a 39	+/- (3% + 0,4 nudos)

Fuente: Elaboración propia, en base a de manuales ExTech.

Por otro lado, las características y especificaciones del instrumento se encuentran establecidas en la Tabla anexo F8 que se muestra a continuación:

Anexo F8.- Características y especificaciones del monitor de anemómetro.

Concepto	Especificación
Pantalla	LCD retroiluminada con indicadores de estado
Tipodesensor	Molinete de palas con mecanismo de rodamiento sin fricción
Notas sobre la precisión	La precisión está especificada para la siguiente escala de temperaturas ambientales: 18 a 28°C (64 a 82°F)
Frecuencia de muestreo	1 muestra por segundo
Condiciones de operación	0 a 50°C (32 a 122°F); <80% HR sin condensación
Condiciones de almacenamiento	-10 a 60°C (14 a 140°F); <80% HR sin condensación
Fuente de energía	Batería 9V
Vida de la batería	Aprox. 100 horas
Dimensiones/Peso	135 x 229 x 46mm (5,3 x 9 x 1,8"); 200g (7,0 oz.)
Apagado automático	Apagado automático después de 15 minutos

Fuente: Elaboración propia, en base a manuales ExTech.

2.3 Medidor digital de nivel de sonido ExTech modelo 407730.

El sonómetro utilizado, mide los niveles de presión de sonido en dB desde 40 a 130 dB. Las características seleccionables incluyen ponderación de frecuencia ('A' de 20 Hz a 20 kHz y 'C' medición del nivel de presión Sonora Peak), tiempo de respuesta (Rápido y Lento), retención de máximos y registro de Máx./Min (Figura Anexo F9).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
Anexo F9.- Sonómetro ExTech modelo 407730.

Fue necesario para medir la potencia del sonido ambiental y las mediciones se utilizarán para análisis en cuanto a la preferencia y tolerancia de los sonidos ambientales; las características del mismo se encuadran a continuación (Tabla Anexo F10).

Anexo F10.- Características de operación del sonómetro.

Concepto	Especificación
Pantalla	LCD con gráfica de barras
Micrófono	10mm (0,5") Condensador Electret
Amplitud de banda de medida	300Hz a 8 kHz
Escala de medición	40 a 130dB (A wtg), 45 a 130dB (C wtg)
Ponderación de frecuencia	'A' y 'C.' (selectiva)
Precisión / Resolución	± 2dB @1kHz (bajo condiciones de referencia) / 0,1 dB
Tiempo de respuesta	Rápido: 125 milisegundos / Lento: 1 segundo
Fuente de calibración	1khz onda sinoidal @ 94 o 114dB
Salida CA	Escala total 0,707Vrms
Tensión	4 baterías AAA
Vida de la batería	30 horas (típica) Indicador de batería débil alerta al usuario
Apagado automático	Después de aprox. 20 minutos
Temperatura de operación	0 a 50°C (32 a 122°F)
Humedad de operación	10 a 90% RH
Temperatura de almacenamiento	-20 a 60°C (-4 a 140°F)
Dimensiones / peso	230 x 57 x 44mm (9 x 2,3 x 1,7") 172g (6oz)

Fuente: Elaboración propia, en base a manuales ExTech.

2.4 Luxómetro (Medidor de luz LED blanca) LT40

El luxómetro mide la intensidad lumínica de fuentes emisoras de luz (sol o lámparas de iluminación nocturna); El LT40 también puede medir luz de fuentes fluorescentes, halógenos metálicos, sodio de alta presión e incandescentes, con niveles de luz hasta 40,000 Fc (400,000 Lux) (Figura Anexo F11).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio

Anexo F11.- Luxómetro ExTech LT40

Anexo F12.- Tipos de medición y precisión de las mediciones del luxómetro.

Unidades	Rango	Resolución	Precisión
	999,9	0,1	

Lux	9,999	1	LED blanco: ± (3% lectura + 3 Lux) hasta 500 Lux ± (3% lectura) >500 Lux Otras fuentes de luz visible: No especificado
	99,990*	10	
	400,000*	100	
Bujías pie	99,99	0,01	LED blanco: ± (3% lectura + 0,3 Fc) hasta 46 Fc ± (3% lectura) >46 Fc
	999,9	0,1	
	9,999	1	
	40,000*	10	Otras fuentes de luz visible: No especificado
* Las lecturas mayores a 9999 usan un multiplicador x10 o x100 (1 Fc = 10.76 Lux)			
Ángulo de desviación de las características de coseno	30°	±2%	
	60°	±6%	
	80°	±25%	

Fuente: Elaboración propia, en base manuales ExTech.

Dentro de las características de este instrumento se tiene la presencia de indicadores de sobrecarga cuando los valores sobrepasan los rangos del sensor, corrección de ángulo de incidencia, las unidades en las que mide son en Luxes o Bujías – pie, y ajuste para calibración a cero. Las especificaciones del instrumento vienen dadas en la tabla Anexo F13

Anexo F13.- Características de operación del Luxómetro.

Concepto	Especificación
Frecuencia de muestreo	2,5 veces por segundo (pantalla digital)
Foto detector	Foto diodo de silicio con corrección del coseno
Pantalla	LCD de 4 dígitos (visualización máxima: 9999) con icono de batería baja, sobrecarga, medición y otros indicadores de función
Escala automática	Ajuste automático de la escala de la pantalla
Condiciones de operación	Temperatura: 5 a 40°C (41 a 104°F); Humedad: < 80% HR
Condiciones de almacenamiento	Temperatura: -10 a 60°C (14 a 140°F); Humedad: < 70 %RH
Indicador de batería débil	“  ” aparece en LCD cuando el voltaje de la batería es demasiado bajo
Tipo de LED	La luz LED blanca
Fuente de alimentación	2 baterías “AAA” de x 1,5V
Vida de la batería	Aproximadamente 200 horas
Apagado automático	El medidor se apaga después de 12 minutos de inactividad
Dimensiones	133 x 48 x 23mm (5,2 x 1,9 x 0,9”)
Peso	250g. (8,8 oz) Incluidas las baterías

Fuente: Elaboración propia, en base a de manuales ExTech.

2.5 Radiómetro de energía solar SM-206

Este es un instrumento para la medición de la potencia de radiación solar. Mide directamente la radiación de onda corta sin necesidad de ajustes posteriores mediante cálculos (Anexo F14).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio

Anexo F14.- Radiómetro de energía solar SM-206

Este instrumento fue necesario para obtener valores de RS que afectan la sensación térmica de los usuarios que realizan actividades intensas; esto, por la cantidad de radiación solar recibida en la ciudad y que perturba las actividades de los individuos. Las características tanto específicas como generales del instrumento se pueden observar en la Tabla Anexo F15 que se muestra a continuación:

Anexo F15.- Características de operación del Radiómetro de energía solar

Concepto	Especificación
Rango de error	$\pm 10 \text{ W} / \text{m}^2$ [$\pm 3 \text{ Btu} / (\text{ft}^2 \cdot \text{h})$] o $\pm 5\%$ $\pm 0,38 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ [$\pm 0,12 \text{ Btu} / (\text{ft}^2 \cdot \text{h}) / ^\circ\text{C}$] a $25 ^\circ\text{C}$
Pantalla	3-3/4LCD máximo ejemplo de valores numéricos 3999
Sobrecarga de datos en pantalla	0,1 to 399,9 W / m^2 , 1-3999 W / m^2 , 0,1 to 399,9 $\text{Btu} / (\text{ft}^2 \cdot \text{h})$, 1-3999 $\text{Btu} / (\text{ft}^2 \cdot \text{h})$
Tiempo de lectura	0,25 s
Temperatura y humedad de operación	$-10 ^\circ\text{C}$ to $60 ^\circ\text{C}$ <70% HR
Dimensiones y peso	132 (L) x 60 (A) x 38 (G) MM, 150 g Aprox.
Autonomía de operación	100 h.

Fuente: Elaboración propia. en base a manuales Solar Dr.

2.6 Montaje de instrumentos para mediciones ambientales.

Se desarrolló un sistema para poder mantener los instrumentos de medición ambiental de manera estática, ya que los trabajos se realizaron en los suelos irregulares; por lo que fue prioritario mantener seguros los equipos de manera que la toma de las lecturas de las variables meteorológicas fuera fácil para el personal que aplicaban las encuestas y no implicara daño alguno para los mismos.

Para tal objetivo, se diseñó una base de soporte con madera; esta consistió en colocar dos tablones verticales unidos a una pieza horizontal en su lado de canto; la base se pintó del mismo color gris con emisividad de 0,5, para evitar alteraciones en los datos. Al mismo tiempo, a los elementos verticales se le realizó una perforación para aseguraba los instrumentos de medición por medio de elementos de sujeción enroscables, al quedar con esto las pantallas de visualización al frente (Figura Anexo F16).



Fuente: Elaboración propia, imágenes capturadas en sitio
 Anexo F16.- Montaje de los instrumentos en soporte trípode para estudio en campo.

Por otro lado, la base de madera se colocó sobre un tripié fotográfico con las siguientes características: tener color claro para no generar fluctuaciones en las mediciones y que este pudiera soportar hasta 5 kg de peso; la sujeción fue mediante una pieza mecánica con orificio central estriado a la cual se acoplaba en ambos sentidos elementos enroscables, lo que le hacía mantener su estabilidad y soportar el peso total de los instrumentos (Figura anexo F16).

Algunas consideraciones importantes para el uso y manejo de los equipos, así como el montaje del mismo es:

- Los sensores deben colocarse a una altura promedio de 1.20 m para individuos que realicen actividades de pie, o 0.60 m para individuos que realicen actividades sentados. Fue recomendable mantener los equipos en tripié para conservarlos alejados de obstrucciones de fuentes radiantes de calor o flujo de aire. Se evitó pararse cerca de la unidad durante la prueba.
- El tripié con los instrumentos debe de estar colocado con orientación este-oeste, con las pantallas de los instrumentos al norte o al sur para respetar los recorridos solares y facilitar la identificación de los flujos de aire.
- Fue necesario distribuir los instrumentos de tal manera que el monitor de estrés térmico y el radiómetro no se obstaculizaran mutuamente las lecturas, por tal motivo se colocaron ambos en las partes superiores, al ubicar el radiómetro en la parte derecha de la base.
- La dificultad de establecer una lectura de la VV, cuando las direcciones del viento no eran las adecuadas para la toma de los valores de estas, hizo necesario el desmontar en algunas ocasiones el anemómetro por la unidireccionalidad del mismo.
- Se tuvieron problemas en registro de valores térmicos con los sensores de temperatura de bulbo seco y temperatura de globo gris, debido a la radiación solar directa e infrarroja sobre los mismos, que producía un sobrecalentamiento y sobrevaloración de las lecturas, por lo que se optó colocar un escudo de radiación solar, que consiste en una cubierta de poliestireno (vaso de unicel) con perforaciones que permitieran el flujo de aire a los sensores.

2.7 Termómetros infrarrojos (oído y piel)

Temperatura de oído

La temperatura interna del cuerpo se midió con el uso de un termómetro infrarrojo para oído, el cual tiene una forma que está diseñada para introducirse sólo lo necesario en el canal auditivo, y evita totalmente el contacto con el tímpano, el instrumento mencionado se puede observar en la Figura Anexo F17.



Anexo F17. Termómetro infrarrojo de temperatura interna (oído)

Sin embargo, como en todos los termómetros, la utilización de una técnica adecuada es importante para obtener mediciones precisas. Para un uso adecuado del instrumento es importante lo siguiente:

- El rango de temperatura ambiente para el funcionamiento del termómetro es de: 10 – 40 °C.
- No debe exponerse el termómetro a temperaturas extremas (menores a -20 °C o mayores de 50 °C) ni a una humedad excesiva (> 95 % HR).
- Se debe permitir la estabilización del instrumento durante 10 minutos a temperatura ambiente.
- Este termómetro debe utilizarse sólo con protectores higiénicos.
- Para evitar mediciones inapropiadas, siempre use el termómetro con un protector nuevo y limpio.
- Si el termómetro es utilizado accidentalmente sin un protector, se deberá limpiar la punta de la onda.

El termómetro mide el calor infrarrojo desprendido por el tímpano y el tejido adyacente. Para asegurar una mayor precisión, la punta de la sonda se encuentra a una temperatura similar a la del cuerpo humano. Cuando el instrumento es colocado en el oído, monitorea continuamente la energía infrarroja, la medición termina y el resultado aparece cuando el termómetro detecta una medición precisa.

El objetivo de la termometría es medir la temperatura central del cuerpo y la temperatura de los órganos vitales. Las mediciones efectuadas en el oído reflejan con precisión la temperatura central del cuerpo, porque el tímpano comparte el riego sanguíneo con el hipotálamo, el centro regulador de la temperatura corporal. Por tanto, los cambios de temperatura se reflejan rápidamente y de forma más precisa en el oído que en otras partes del cuerpo.

La temperatura axilar indica solamente la temperatura en la piel y, por lo tanto, no es un indicador confiable de la temperatura central del cuerpo. La temperatura oral puede resultar alterada por la ingestión de alimentos o bebidas y por factores respiratorios. La temperatura rectal refleja con retraso los cambios en la temperatura central del cuerpo y presenta un riesgo de contaminación cruzada.

Un proceso de medición adecuado debe considerar los pasos siguientes:

1. Para asegurar una medición precisa, coloque siempre un protector higiénico nuevo y limpio antes de la medición.
2. Presione el botón de inicio «I/O».
3. Ajuste la sonda con cuidado en el canal auditivo, después presione y libere el botón de inicio. Si la sonda fue insertada correctamente en el canal auditivo durante el proceso completo de medición, un sonido indicará que ha finalizado la medición. El termómetro detecta que una medición exacta de la temperatura ha sido tomada. El resultado aparece en la pantalla. Si toma la temperatura de otra persona, podrá observar la iluminación en la pantalla: «ExacTemp» – Temperatura Exacta. Esta luz parpadea durante el proceso de medición, cuando la sonda esta colocada de manera segura, y se ilumina completamente cuando el termómetro detecta que una medición exacta ha sido realizada.
4. Si la sonda no ha sido colocada en una posición estable en el canal auditivo, escuchará una secuencia de sonidos cortos, la luz «ExacTemp» se apagará y la pantalla mostrará un mensaje de error («POS» = posición incorrecta).
5. Para la siguiente medición, retire el protector higiénico (presione el botón de expulsión) y coloque un protector nuevo. Borre la pantalla presionando el botón «I/O». Espere la señal. Introduzca la sonda suavemente en el canal auditivo, presione el botón de inicio. El termómetro se apaga automáticamente después de 60 segundos de inactividad, puede ser también apagado presionando el botón «I/O» por lo menos durante 3 segundos. En la pantalla aparecerá «OFF» y al soltar el botón se borrará completamente.

Las consideraciones al tomar la temperatura interna son:

- La temperatura puede variar según sea tomada en el oído izquierdo o derecho. En consecuencia, es recomendable tomar siempre la temperatura en el mismo oído.
- Para conseguir una medición precisa, asegúrese de que el oído está libre de obstrucciones o de acumulación de cera. Existen factores externos que pueden influir en la temperatura del oído, por ejemplo: – acostarse sobre un oído – haber tenido cubiertos los oídos – estar expuesto a temperaturas muy frías o muy calientes – haber nadado o tomado un baño momentos antes de la medición. En estos casos, es necesario esperar 20 minutos después de haber sido retirado de estas condiciones, para tomar la temperatura.
- Si ha colocado algún medicamento a uno de sus oídos, use el que esté libre de éste.

Si se desea cambiarla a grados Centígrados (°C) y/o de Centígrados a Fahrenheit, siga el siguiente procedimiento:

- (1) Asegúrese de que el termómetro este apagado.
- (2) Presione y mantenga presionado el botón «I/O» después de 3 segundos la pantalla mostrará la siguiente secuencia: «°F» / «SET» / «°C» / «SET».
- (3) Libere el botón «I/O» cuando la escala de temperatura deseada se muestre en la pantalla. Escuchará un breve sonido confirmando la selección, después el termómetro se apagará automáticamente.

Para cuidados y limpieza del termómetro es recomendable lo siguiente:

- La punta de la sonda es la parte más delicada del termómetro. Para garantizar mediciones precisas, tiene que estar limpia e intacta. Si el termómetro es utilizado accidentalmente sin un protector higiénico acoplado, limpie la punta de la sonda del siguiente modo: Limpie la superficie con suavidad utilizando un hisopo de algodón o un paño suave humedecido con alcohol. Después de que el alcohol se ha secado perfectamente, se puede colocar un protector higiénico nuevo y limpio y tomar de nuevo la temperatura. Si la punta de la sonda está dañada, póngase en contacto con el Centro de Servicio más cercano.
- Use un paño suave y seco para limpiar la pantalla y el exterior del termómetro. No utilice limpiadores abrasivos ni sumerja el termómetro en agua ni en otros líquidos. Guarde el termómetro y los protectores higiénicos en un lugar seco, sin polvo ni contaminado y alejados de la luz directa del sol.
- El termómetro ha sido calibrado inicialmente en el momento de su fabricación. Si este termómetro es utilizado siguiendo las instrucciones de uso, no requiere ningún tipo de recalibración periódica. Si en cualquier momento dudase de la exactitud de sus mediciones, póngase en contacto con el Centro de Servicio más cercano.
- Para conocer la fecha de fabricación del termómetro, tome nota del número de Lote del aparato LOT que se encuentra dentro del compartimiento de las pilas. El primer dígito se refiere al último dígito del año de fabricación. Los tres dígitos siguientes se refieren al día del año de fabricación. Por ejemplo: LOT 0116 xx xx – Este termómetro fue fabricado el día 116 del año 2000

Especificaciones:

- Rango de temperatura mostrada: 34 °C – 42,2 °C
- Rango de temperatura ambiente para el funcionamiento correcto: 10 °C – 40 °C
- Resolución: 0.1 °C
- Precisión para rango de temperatura mostrado Máximo Error de Laboratorio 36 °C – 39 °C: ± 0.2 °C, fuera de este rango: ± 0.3 °C.
- Rangos ideales de almacenamiento: Temperatura: -20 °C a 50 °C, Humedad: 95 % no condensado
- Vida útil de las pilas: 2 años / 1000 mediciones

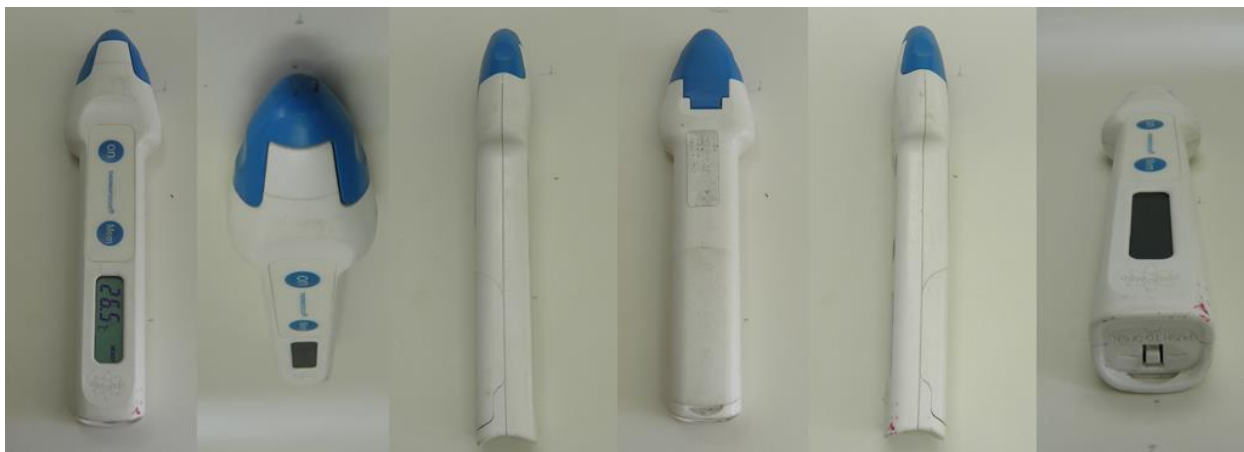
Este termómetro infrarrojo satisface los requerimientos del ASTM Standard E 1965-98 para el sistema del termómetro (termómetro con filtros). Los requerimientos de precisión de laboratorio ASTM para el termómetro solamente (sin incluir la cubierta de la sonda) en el rango de 36 °C a 39 °C para termómetros infrarrojos es ± 0.2 °C), mientras que para termómetros de mercurio y electrónicos es de ± 0.1 °C.

Temperatura de piel

La temperatura externa será tomada en la piel, con un termómetro infrarrojo (Ver figura Anexo F18), el cual funciona por medio de la proyección de dos rayos cuya distancia ideal al área de medición es aquella donde ambos coinciden sobre el mismo punto de proyección de luz. Este aparato tiene la capacidad para medir también la temperatura del ambiente y de los objetos (también líquidos) con temperaturas entre 1 y 55°C. Cumple con ASTM E 1965-98 e 93/42/CE y este certificado en ISO 9001:2000 e ISO 13485:2003. Cabe mencionar que este termómetro fue utilizado en los aeropuertos para la detección de pasajeros con fiebre durante el brote de la gripe aviar en Asia.

También funciona para examinar la temperatura de cierta área de la piel y compararla con el área que la rodea o con la parte simétrica del cuerpo (las dos piernas, los dos pies, etc.), y así percatarse de anomalías por causa de inflamaciones, problemas

circulatorios o cáncer de la piel. Es posible usar en heridas abiertas y órganos internos durante procedimientos quirúrgicos debido a que no hay ningún tipo de contacto. Mide la Temperatura en grados Centígrados o en Fahrenheit con sólo oprimir un botón.



Anexo F18. Termómetro infrarrojo de temperatura externa

Thermofocus procesa la emisión de infrarrojos procedentes del cuerpo y en particular de la frente de los seres humanos. La frente es el lugar ideal para tomar la temperatura ya que esta irrigada por la arteria temporal que recoge la sangre procedente de la aorta y la carótida. Además, la frente es la única parte de la cabeza no recubierta de pelo y que está en contacto directo con el cerebro. En cada toma, hará, en centésimas de segundo, una serie de 125 anotaciones, que serán tratadas por su microprocesador junto a la temperatura ambiente hasta anotar en la pantalla la temperatura correcta. Es importante saber que no existe una única temperatura "normal" igual para todos. La temperatura de cada persona varía en el transcurso de un mismo día según su actividad física y mental. La toma de temperatura puede verse influenciada por diferentes factores exteriores dependiendo de la zona corporal donde vaya a realizarse. La temperatura tomada sobre la frente de una persona sana puede variar de 35°C a 37.5°C, pero en algunos casos puede ser menor a 35°C.

Proceso de uso: Dirigir el aparato a una distancia de 3 cm. Del área a medir. Oprimir el botón, los dos puntos de luz roja deberán estar en el área formando un solo punto rojo. Una vez que se forme el punto rojo en el área se tendrá que soltar el botón para obtener la temperatura real y precisa en la pantalla LCD. La luz roja es segura e inofensiva a los ojos. Cuenta con certificaciones reconocidas en el sector salud y otras entidades. No necesita cambio de repuesto como los termómetros del oído. Es un equipo higiénico, ya que no se tiene contacto con la piel o mucosa, lo que evita riesgos de contagio.

La estabilización del instrumento es de aproximadamente 10 minutos a temperatura ambiente. No debe utilizarse con velocidades de viento superiores a 1.5 m/s. Es importante que el punto de medición de temperatura no contenga sudor o humedad excesiva ya que afecta el registro de información. No se debe tomar la temperatura en punto de piel que haya estado protegido de la temperatura ambiente, como el uso de gorros o chamarras o vendajes de cualquier tipo.

La zona donde se toma la temperatura comprende un radio aproximado de 2 cm alrededor del punto luminoso. Es importante que dentro de esta zona queden excluidos cabellos, ojos y cejas, al igual que tejidos cuando se trate de una toma sobre el vientre. Si cambia de punto de toma de temperatura sobre la frente, obtendrá resultados distintos. Por estas razones, es importante dirigir las luces siempre al mismo punto, exactamente al centro de la frente (a media distancia entre el inicio de la nariz y el nacimiento del pelo) se debe sujetar el termómetro perpendicular a la frente, y se debe tomar la precaución de despejarla de cabellos (al menos 2 cm alrededor del punto luminoso). La presencia de cremas o cosméticos sobre la frente podrían determinar un valor inferior de la temperatura, al contrario que cuando la frente se encuentra cubierta de cabellos lo que podría indicar una temperatura ligeramente superior.

La guía de onda del termómetro es la parte más delicada del instrumento. Está constituida por un pequeño espejo cóncavo recubierto de oro que debe estar limpio e intacto. Cualquier deterioro o la presencia de polvo o suciedad, alteraría la toma de la temperatura. Evite manipular innecesariamente el termómetro, y en particular la punta, antes de su utilización. No utilizar el termómetro en contacto con la oreja ni con ninguna otra parte del cuerpo. El termómetro no puede ser utilizado en presencia de fuertes campos electromagnéticos como los que se encuentran en los teléfonos celulares o inalámbricos. Mantener el termómetro lejos del agua y de toda fuente de calor; evitar la exposición directa a los rayos solares. Evite cualquier choque sobre el termómetro; no lo utilice si ha podido sufrir algún daño o no funciona correctamente. Si las precauciones de empleo no son respetadas, podría obtener temperaturas muy bajas o muy altas que no serían atribuibles a un mal funcionamiento del aparato. Movimientos abruptos o muy rápidos podrían no permitir tomar mediciones exactas.

Cambio de baterías: Presionar el pequeño botón situado en la parte trasera del equipo con una uña. Levante la tapa y saque las pilas usadas y tirelas a un apropiado contenedor. Introducir 4 pilas nuevas (AAA, 1,5 V), colocarlas en la posición correcta, cierre la tapa. Después de cambiar las pilas, favor de esperar 20 minutos para que el aparato se re-calibre automáticamente. Es importante remover las pilas si no ha utilizado el instrumento por un largo tiempo.

Limpieza:

Limpieza de la guía de onda (punta del equipo): Es importante nunca tocar la guía de onda con los dedos o con ningún otro objeto. Por esta razón, todo el tiempo debe proteger su termómetro con la tapa protectora. Si la guía de onda necesita limpieza, moje un algodón con alcohol y frote suavemente. Tenga en cuenta que al limpiar siempre tiene que hacerlo en dirección opuesta a donde se encuentra el sensor. Evite otra clase de limpiadores u objetos, los cuales pueden hacerle daño a los lentes. No deje que entre ninguna clase de líquido a donde se encuentra el sensor.

Limpieza del cuerpo del termómetro: Usar un paño suave y levemente mojado con jabón y agua. Favor de NO UTILIZAR el termómetro por lo menos 30 minutos después de haberlo limpiado.

Eventuales problemas de funcionamiento y soluciones:

1. La pantalla no se enciende: las pilas están completamente descargadas o mal colocadas, cámbielas o colóquelas correctamente.
2. Sobre la frente de la persona se ven 2 puntos luminosos: La distancia no es correcta. Desplace el termómetro hacia delante o hacia atrás hasta que sólo se vea un punto luminoso.
3. El punto luminoso es poco visible: la luz ambiente es muy intensa o las baterías se están agotando, haga sombra con su cuerpo o remplace las baterías.
4. La guía de onda esta estropeada o ha entrado agua en el termómetro: contacte al distribuidor para que le asista.
5. La temperatura visualizada en el termómetro es demasiado baja: verificar que todas las indicaciones del modo de empleo son respetadas. Comprobar que la guía de onda no esta sucia o estropeada: si este fuera el caso limpiarlo como se indica o contacte al distribuidor. Comprobar que el termómetro esta colocado perpendicularmente a la frente.
6. La temperatura marcada en la pantalla es demasiado elevada: Comprobar que todas las indicaciones de funcionamiento están siendo respetadas.
7. Los haces de luz quedan encendidos después de liberar el botón o el termómetro no se pone en la posición de descanso transcurridos 20 segundos del último uso: ponga el termómetro en la posición inicial, para ello extraiga y vuelva a colocar las pilas.

2.8. Monitor de presión sanguínea y ritmo cardiaco

La presión sanguínea a estudiar fue la presión sistólica (presión alta) y la presión diastólica (presión baja), además del pulso cardiaco. Cabe mencionar que debido a que no se cuenta con personal especializado para este tipo de variables se utilizara un equipo automatizado que garantice la calidad de la información recabada. El instrumento utilizado se presenta en la figura siguiente:



Anexo F19. Monitor de presión sanguínea y ritmo cardiaco

El instrumento debe ser tratado con cuidado, no debe someterse a golpes, ni sumergirse en agua o exponerse a radiación solar continua. No use teléfonos celulares cerca (menos de 0.50 m) del dispositivo ya que puede provocar fallas de funcionamiento.

Guarde el monitor en el estuche cuando no lo está utilizando. Asegúrese de que el adaptador de CA esté colocado debajo de la unidad principal de modo que no dañe la pantalla. Evite enroscar o doblar en exceso el cable del adaptador de CA. No doble el brazalete ni el tubo de aire por la fuerza. No doble los elementos de modo que queden demasiado apretados. Limpie el monitor con un paño seco y suave. No utilice limpiadores abrasivos o volátiles. No limpie el brazalete.

Antes de iniciar una medición es importante mencionarle al sujeto de estudio que este tipo de medición no es similar al que se hace bajo una revisión médica, ya que su objetivo es ver cómo afectan los niveles de actividad y las condiciones meteorológicas, lo cual no es acorde de las condiciones de pasividad que debe reunir una medición clínica. El proceso de medición de variables es el siguiente:

- Retire la ropa ajustada de la parte superior del brazo izquierdo.
- Coloque el brazalete en la parte superior del brazo izquierdo de modo que la flecha azul quede centrada en la parte interna del brazo y alineada con el dedo medio. El tubo de aire baja por la parte interna del brazo. La parte inferior del brazalete debe quedar aproximadamente a 1-2 cm por encima del codo. Coloque el brazo de modo que el brazalete quede al mismo nivel que el corazón.
- Encienda el instrumento con la presión del botón START/STOP. Todos los símbolos aparecen en la pantalla. El brazalete comienza a inflarse automáticamente. A medida que el brazalete empieza a inflarse, el monitor determinará automáticamente el nivel de inflado óptimo. Este monitor detecta el pulso durante el inflado. No mueva el brazo y quédese quieto hasta que finalice el proceso de medición. El monitor determina automáticamente el nivel de inflado ideal. Rara vez, cuando pueda ser necesario un mayor inflado, el monitor vuelve a inflar automáticamente el brazalete hasta 30 mmHg más que el inflado inicial y vuelve a tomar la medición. NOTA: Para detener el inflado o la medición, presione el botón START/STOP (inicio/detener). El monitor dejará de inflarse, comenzará a desinflarse y se apagará.
- El inflado se detiene automáticamente y se inicia la medición. A medida que el brazalete se desinfla, aparecen números en pantalla en orden decreciente. El símbolo de corazón parpadea ante cada latido del corazón. Una vez que se haya completado la medición, el brazalete se desinfla por completo. Aparecen la presión sanguínea y el pulso.
- Presione el botón START/STOP (inicio/detener) para apagar el monitor. NOTA: El monitor se apagará automáticamente después de cinco minutos de tomada una medición.

Simbología en pantalla

Símbolo de corazón irregular: Cuando el monitor detecta un ritmo irregular dos o más veces durante la medición, aparecerá en la pantalla el símbolo de latido irregular (O*) con los valores de medición. El latido irregular se define como un ritmo que es más del 25% más lento o más del 25% más rápido que el ritmo promedio que se detecta mientras el monitor mide la presión sanguínea sistólica y diastólica. Si se muestra el símbolo de latido irregular (O) con los resultados de su medición, le recomendamos que consulte a su médico.

Símbolo de error de movimiento (tí): El símbolo de error de movimiento (tí) aparece si usted se mueve mientras se realiza la medición. Quite el brazalete, espere 2-3 minutos, vuelva a colocar el brazalete y luego tome otra medición.

Cambio de las pilas: cuando se presenta (%) es un indicador de batería baja, apague el monitor y retire todas las pilas. Coloque las cuatro pilas nuevas al mismo tiempo. Se recomienda usar pilas alcalinas de larga duración.

2.9. Báscula y flexómetro

La báscula que se utilizó fue una análoga de tipo mecánico son resorte, con capacidad de 25 a 330 libras y un error de precisión de ± 0.55 libras. El uso del equipo debe ser conforme al proceso siguiente:

Coloque la báscula sobre una superficie plana. Es preferible una superficie firme para obtener una mayor precisión en el peso. Si coloca la balanza sobre una superficie suave, se puede ver afectada la precisión del peso indicado. Para la aplicación de encuestas sobre tierra o pasto se proveerá de un acrílico de alta resistencia para sobreponer la báscula sobre él. Es importante que antes de usar la báscula, se exponga al menos por 15 minutos a las condiciones ambientales para que permita alcance la temperatura ambiente y evite errores en el registro de pesado. Gire la perilla de calibración en la parte inferior de la balanza hacia la derecha o hacia la izquierda hasta que el indicador de peso coincida con el número cero. Párese sobre la báscula y coloque los pies de tal manera que su peso quede distribuido uniformemente sobre toda la plataforma de soporte. Es importante que durante el proceso de registro de la báscula se permanezca inmóvil sobre ella ya que los movimientos bruscos pueden alterar la medición. La báscula utilizada se presenta en la figura Anexo F20.



Figura 12. Báscula para peso de sujetos de estudio

Es necesario tener las precauciones siguientes: 1) Un peso mayor a la capacidad de la báscula (150 kg) puede dañar su unidad, 2). Esta báscula no es resistente al agua y 3) Evite el contacto con humedad excesiva. Como parte del mantenimiento de este instrumento, ocasionalmente deberá limpiarse con un paño suave con espuma de jabón, no utilizar limpiadores abrasivos, no se requiere lubricar la báscula durante su vida útil.

La altura de los sujetos de estudio será medida con un flexómetro de tipo metálico (cinta métrica) de tres metros de longitud. Con un margen de error por efectos de temperatura de 0.001 m. Se recomienda no humedecer el instrumento, ni exponerlo al sol de forma continua por más de una hora. El proceso de registro de altura del sujeto de estudio debe ser de tal forma que no haya contacto físico con la persona a encuestar por respeto a la misma. Se debe medir sobre una superficie plana (piso o placa de acrílico de apoyo de la báscula). Se debe considerar la altura con todo y calzado, cabe mencionar que la altura promedio de suela de calzado (0.012 m) será descontada en el proceso de análisis de datos. El tipo de flexómetro utilizado se presenta en la figura D17.



Anexo F21. Flexómetro para medir altura de sujetos de estudio

3. CAPTURA DE DATOS

En este apartado se describen la estructura de la base datos y las variables que la conforman, además del proceso de captura de la información de las encuestas. Esta parte del manual es una guía para el responsable del proyecto, los supervisores del proceso de captura y los capturistas. Trata sobre la forma de leer e interpretar los datos de las encuestas de confort térmico para poder introducirlos en formato codificado a una hoja Excel.

3.1. Estructura y variables de base de datos

La base de datos que contendrá la información generada en las encuestas se desarrolló en un formato de Excel, el cual incluye los mismos grupos, indicadores y variables del cuestionario, además de otras variables de apoyo necesarias para el estudio. En algunos casos debido a la inclusión de nuevos grupos o variables no coinciden del todo con las claves de control del cuestionario. Algunas celdas serán llenadas de forma automática por medio de una ecuación de retoma parte de la información capturada, estas celdas están marcadas con color. En total se tienen 10 grupos, 11 indicadores y 62 variables. A continuación, se presentan una de tabla donde se explican los contenidos por grupo de captura. Cabe mencionar que aun cuando la base de datos se estructuro en sentido horizontal, la descripción se hace en sentido vertical, para facilitar su revisión (Ver tabla D9).

CLAVE	INDICADOR O VARIABLE	DESCRIPCIÓN	OPCIONES DE CAPTURA	EJEMPLO
1. DATOS DE CONTROL				
1.1	Folio	Número entero progresivo, para control de encuestas	Número arábigo, sin decimales	123
1.2	Fecha	Fecha de aplicación de encuesta	dd/mm/aaaa	12/08/2008
1.3	Hora inicial	Hora de inicio de encuesta	hh:mm	17:28
1.4	Hora final	Hora de finalización de encuesta	hh:mm	17:33
1.5	Encuestadores	Identifica quienes aplicaron el cuestionario.	Nombre y primer apellido	Roberto López/Isaura Martínez
1.6	Revisó encuesta	Identifica quienes revisaron la aplicaron el cuestionario.	Nombre y primer apellido	Roberto López/Isaura Martínez
1.7	Capturaron	Identifica quienes capturaron el cuestionario	Nombre y primer apellido	José López/Manuel Estrada
1.8	Revisó captura	Identifica quienes revisaron la captura del cuestionario	Nombre y primer apellido	José López/Manuel Estrada
2. PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO				
2.9	Tiempo En Esa Actividad	Tiempo aproximado que se lleva realizando la actividad	1: Menos de ½ hora 2: Más de ½ hora	1
2.10	Sensación Térmica	Sensación térmica basada en ISO 10551	1: Mucho frío, 2: Frío, 3: Algo de frío, 4: Ni calor, ni frío, 5: Algo de calor, 6: Calor, 7: Mucho calor	4
2.11	Preferencia Térmica	Preferencia térmica, basado en ISO 10551	1: Mucho más fresco, 2: Más fresco, 3: Un poco más fresco, 4: Sin cambio, 5: Con un poco más de calor, 6: Con más calor, 7: Con mucho más calor	3
2.12	Sensación Humedad	Sensación de humedad en la piel	1: Muy húmedo, 2: Húmedo, 3: Algo húmedo, 4: Normal, 5: Algo seco, 6: Seco, 7: Muy seco	3
2.13	Preferencia Humedad	Preferencia de humedad en la piel	1: Mucho más húmedo, 2: Más húmedo, 3: Un poco más húmedo, 4: Sin cambio, 5: Un poco más seco, 6: Más seco, 7: Mucho más seco	4

2.14	Sensación Viento	Sensación de viento sobre la piel	1: Nada de viento, 2: Poco viento, 3: Viento agradable, 4: Viento algo fuerte, 5: Viento muy fuerte	4
2.15	Preferencia Viento	Preferencia de viento en la piel	1: Preferiría más viento, 2: Sin cambio, 3: Preferiría menos viento	2
2.16	Sensación Radiación	Sensación de radiación solar sobre la piel	1: Sin radiación, 2: Poca radiación, 3: Radiación agradable, 4: Radiación algo fuerte, 5: Radiación muy fuerte	2
2.17	Preferencia Radiación	Preferencia de radiación en la piel	1: Preferiría más radiación, 2: Sin cambio, 3: Preferiría menos radiación	1
2.18	Aceptación Ambiente	Aceptación personal a las condiciones del clima	1: Generalmente aceptable, 2: Generalmente inaceptable	1
2.19	Tolerancia Personal	Tolerancia personal a las condiciones del clima	1: Perfectamente tolerable, 2: Tolerable, 3: Ligeramente intolerable, 4: Intolerable, 5: Extremadamente intolerable	3
3 PERCEPCIÓN LUMÍNICA Y ACÚSTICA				
3.20	Sensación de iluminación	Sensación visual de la iluminación	1: Pésima, 2: Mala, 3: Regular, 4: Buena, 5: Excelente	2
3.21	Preferencia Iluminación	Preferencia visual de iluminación	1: Menos luz, 2: Sin cambio, 3: Mas luz.	3
3.22	Sensación acústica	Sensación auditiva de ruidos	1: No se perciben ruidos, 2: se percibe ruido débil 3: Se percibe algo de ruido, 4: Se percibe ruido fuerte, 5: Se percibe ruido muy fuerte	2
3.23	Preferencia acústica	Preferencia auditiva de ruidos	1: Menos ruido, 2: Sin cambio, 3: Mas ruido	2
IV. HISTORIAL TÉRMICO				
4.24	Siempre Ha Vivido En Mexicali	La pregunta se refiere a si se ha vivido siempre en la ciudad de Mexicali	1: Si, 2: No	1
4.25	Ciudad Donde Vivía Antes	Ciudad donde se vivía antes	Ciudad, Estado	Guadalajara, Jalisco
4.26	Tiempo De Vivir En La Ciudad	Temporalidad de vivir en la ciudad de forma continua	1: 6 meses, 2: 6 meses a 1 año, 3: 1 a 2 años, 4: 3 a 5 años, 5: 6 años o más	3
4.27	Actividad desarrollada	Actividad que se desarrolló inmediatamente antes de la entrevista		Trotar
4.28	Tiempo que lleva realizando la actividad	Lapso de tiempo en el cual se ha desarrollado la actividad antes de la entrevista	1: menos de media hora, 2: media hora, 3: más de media hora	1
4.29	Durante La Encuesta El Entrevistado Consumió	Consumo de líquidos fríos o calientes, o alimentos	1. Si, 2. No,	2
4.30	Ultima ingesta de alimento	Consumo de alimentos	1. menos de 60 min, 2. Mas de 60 minutos,	2
4.31	Uso de aire acondicionado	Usa climatización artificial en los edificios	1. Si, 2. No,	2
4.32	Tiempo de permanencia en espacios interiores	Tiempo aproximado que pasa en el interior de los edificios	1. Si, 2. No,	1
4.33	Medio de transporte	Que medio de transporte utilizó para llegar al área recreativa	1. caminando, 2. bicicleta, 3. automóvil	1
4.34	Medio de transporte con aire acondicionado	Que medio de transporte utilizó para llegar al área recreativa contaba con aire acondicionado	1. Si, 2. no,	1
4.35	Duración del trayecto	Cuanto tiempo duro el trayecto al área recreativa	1. < 30 minutos, 2. > 30 minutos,	1
V. DATOS FISIOLÓGICOS				
5.36	Edad	Edad en años cumplidos de la persona que se le aplicará la encuesta	12 a 75 años	23
5.37	Sexo	Sexo de la persona que se le aplicará la encuesta	1: Hombre, 2: Mujer	2
5.38	Peso	Peso en KILOGRAMOS de la persona que se le aplicará la encuesta	15 a 150 Kg	75
5.39	Estatura centímetros	Estatura en centímetros de la persona que se le aplicará la encuesta	100 a 200 cm	173
5.40	Temperatura Interna Temperatura Oído (°C)	Representa la temperatura interna del cuerpo	32.8 a 40.2 °C	36.3
5.41	Temperatura Piel1 (tp1)(°C) Temperatura Piel2 (tp2)(°C) Temperatura Piel3 (tp3)(°C)	Representa la temperatura de la piel	32.8 a 40.2 °C	35.4
5.42	PRESIÓN SANGUÍNEA Presión sistólica (SYS)(mmHg)	Corresponde al valor máximo (presión alta) de la tensión arterial en sístole (cuando el corazón se contrae)	-----	56

5.42	PRESIÓN SANGUÍNEA Presión Diastólica (DIA)(mmHg)	Corresponde al valor mínimo (presión baja) de la tensión arterial cuando el corazón está en diástole o entre latidos cardíacos	-----	89
5.43	PULSO CARDÍACO (PULSE) (Pulsaciones/minuto)	Pulsación provocada por la expansión de las arterias como consecuencia de la circulación de sangre bombeada por el corazón	-----	120
V. ARROPAMIENTO				
6.44	Tipo Vestimenta	Clasificación del tipo de vestimenta en el momento de aplicación de la encuesta	1. Muy ligera, 2. Ligera, 3. Normal, 4. Abrigada, 5. Muy abrigada,	3
6.45	Vestimenta Protección Radiación Solar Sombrero Gorra	Uso de gorra	1: Si, 2: No	1
6.46	Vestimenta Protección Radiación Solar Sombrilla	Uso de sombrilla	1: Si, 2: No	1
6.47	Vestimenta Protección Radiación Solar - Lentes de Sol	Uso de lentes para sol	1: Si, 2: No	1
VII. VALORES METEOROLÓGICOS				
7.48	Temperatura de Bulbo Seco	Temperatura del aire ante la exposición al calor radiado debido a la luz directa o a fuentes de calor en el ambiente	-10.0 a 50.0 °C	44.8
7.49	Humedad Relativa	Porcentaje de humedad que contiene el aire	0 a 100 %	45
7.50	Velocidad Viento	Velocidad de desplazamiento del viento	0.01 a 20.00 m/s	2.00
7.51	Temperatura de Globo Gris	Temperatura del aire ante la exposición al calor radiado, absorbido por un cuerpo esférico de color gris, con emisividad de 0.5.	-10.0 a 50.0 °C	23.5
7.52	Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (WBGT)	Índice WBGT (Wet Bulb Globe Thermometer) se utiliza para establecer cuándo una situación presenta riesgos de estrés térmico.	-10.0 a 50.0 °C	25.4
7.53	Radiación Solar	Cantidad de energía radiativa de onda corta	0 a 3999 W/m ²	450.3
7.54	Intensidad de iluminación	Potencial lumínico de la fuente de luz	0 a 400 000 lux	3575
7.55	Intensidad de ruido	Potencia de ruidos en el ambiente	40 a 130 dB	58.9
VII. CARACTERÍSTICAS DEL AREA Y CONDICIONES DE APLICACIÓN				
7.56	PISOS-Material	Tipo de piso, cubrepiso o acabado natural del área donde se aplica la encuesta	1. Concreto, 2. Pasto natural, 3. Pasto artificial, 4. Tierra, 5. Otro	1
7.56	PISOS-Color	Color de piso, cubrepiso o acabado natural del área donde se aplica la encuesta	1. Claro, 2. Intermedio, 3. Oscuro.	2
7.57	MUROS-Material	Tipo de muro, se incluyen aquí los muros bajos	1. Bloque, 2. Madera, 3. Malla metálica, 4. Metal, 5. Otro	1
7.57	MUROS-Color	Color de muro	1. Claro, 2. Intermedio, 3. Oscuro.	2
7.58	MOBILIARIO-Material	-----	1. Concreto, 2. Madera, 3. Metálico, 4. Plástico, 5. Otro	2
7.58	MOBILIARIO-Color	-----	1. Claro, 2. Intermedio, 3. Oscuro.	3
7.59	ASOLEAMIENTO Horario Aplicación	Se refiere a si se aplicó de día o de noche	1. Día, 2: Noche	2
7.59	Soleamiento Sombra	Presencia o no, de luz y radiación solar.	1. Sol, 2. Sombra árbol, 3. Sombra Malla filtrasol, 4. Sombra Madera, 5. Sombra Lámina, 6. Sombra Muro, 7. Otro:	3
7.59	Condiciones Cielo	Nubosidad en el cielo	1: Despejado, 2: Medio nublado, 3: Nublado, 4. Alta concentración de PM10	2
IX. DATOS DE APOYO				
	Temperatura Bulbo Seco (BS) Grados °F	Estos datos serán estimados y sirven de apoyo en el cálculo de otras variables o análisis de relaciones entre las variables.		Valores estimados*
	Punto de rocío (BS)			
	Pws(t)			
	Pw			
	W			
	Ws			
	Humedad Absoluta (gr/kg)			
	Temperatura Radiante Media Estimada	Temperatura que traduce el efecto promedio de calentamiento de la radiación electromagnética de un ambiente térmico.	-10.0 a 50.0 °C	34.8 (estimado*)
	Índice Masa Corporal Estimado	Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo	15.000 a 89.000	23.234 (estimado*)
	Metabolismo Basal Estimado	Valor mínimo de energía necesaria para que el cuerpo subsista	300.000 a 3000.000	1345.234 (estimado*)
	Calor Generado Estimado	Calor generado por el cuerpo humano en el desarrollo de una actividad determinada.	W/m ²	1234
	clo Estimado Vestimenta	Aislamiento por el tipo de ropa	0.27 a 1.09	0.35 (estimado*)

	Calor Generado por el Cuerpo (Watts-Hora)	Representa la cantidad de energía generada por el cuerpo humano en función de la temperatura interna, temperatura de la piel y el calor específico del cuerpo	-----	230 (estimado*)
	Coefficiente de convección	Representa el valor numérico con decimales de intercambio radiativo entre el individuo y el medio que lo rodea	-----	4.5 (estimado*)

Nota: Los valores estimados no serán capturados ya que se calculan de forma automática

Anexo F22. Componentes de la base de datos

Para el proceso de captura será anexado al presente instructivo, el archivo “BaseDatosPeriodoXX_20XX”, el cual está listo para introducir datos. Los anchos de cada columna corresponden a las áreas para los casos más comunes, si hubiese necesidad se pueden hacer más anchas las columnas, pero no más angostas. Al terminar de realizar la captura de los datos, se revisan que todas las casillas tengan valores. No deben quedar vacíos. Las casillas que tienen color amarillo, que se sugiere al inicio de este instructivo, se reportan en un listado de Folios, para que sean revisadas por los supervisores de captura. Cabe mencionar que el formato electrónico utilizado es compatible con programas de análisis estadístico como Statistica.

3.2. Proceso de captura

Para capturar los datos, se recomienda que preferentemente no sea la misma persona que acudió a campo quién capture sus propias encuestas. Son preferibles dos personas para la captura. Una lee e interpreta la encuesta y la otra escribe los datos. Ambos pueden ir intercambiando los puestos a la vez que ambos revisan la captura en pantalla.

El último paso del llenado de encuestas en el campo es la recepción de las mismas, ocasión que sirve para ordenarlas y para verificar la calidad de su contenido. En las preguntas no contestadas va a haber datos faltantes, los cuales en la captura deben dejarse vacíos. En esos casos no debe introducirse cero, lo cual es un valor y sería falsa la respuesta. Se debe dejar vacía y con color amarillo en el archivo Excel, para identificar rápidamente los faltantes y que sean los supervisores de la base de datos los encargados de tomar decisiones sobre esa situación, en cuyo caso podrá ser cancelada la encuesta o completada, habrá ocasiones en la que sea posible complementar la información, por ejemplo el sexo puede ser definido en función del nombre del encuestado, la fecha en función del grupo de trabajo y el folio, pero habrá otros valores como el peso o la temperatura en cuyo caso de no tenerse disponible deberá ser cancelada la encuesta.

Como se mencionó en el apartado anterior, se respetaron las variables incluidas en la encuesta original, pero se incluyen algunos subíndices de esas variables o variables adicionales de apoyo.

ANEXO G: CRITERIOS DE AISLAMIENTO POR ROPA E ÍNDICE DE MASA CORPORAL

Un aspecto primordial en el confort térmico es el aislamiento por ropa, esto por el efecto que tiene sobre la sensación térmica del usuario, por lo cual se debe de tomar en cuenta al momento de realizar inferencias en este tipo de investigaciones.

Respecto a esto, el nivel de aislamiento por ropa, fue definido por tipología de vestimenta (Ver tabla Anexo G).

Anexo G.- Nivel de aislamiento estimado por tipos de vestimenta utilizados

Genero	Prenda de vestir	clo	Genero	Prenda de vestir	clo
Vestimenta tipo 1: MUY LIGERA					
Hombre	Calzoncillos	0.04	Mujer	Sostén	0.01
	Calcetines	0.02		Calzón	0.03
	Camiseta ligera	0.08		Calcetines	0.02
	Pantalón corto	0.11		Blusa corta	0.08
	Tenis ligeros	0.02		Pantalón corto	0.11
				Tenis ligeros	0.02
	clo total			0.27	clo total
Vestimenta tipo 2: LIGERA					
Hombre	Calzoncillos	0.04	Mujer	Sostén	0.01
	Calcetines	0.02		Calzón	0.03
	Camiseta manga corta	0.12		Calcetines	0.02
	Pantalón	0.15		Blusa manga corta	0.12

	Zapatos medios	0.04		Pantalón	0.15
				Zapatos medios	0.04
	clo total	0.37		clo total	0.37
Vestimenta tipo 3: NORMAL					
Hombre	Calzoncillos	0.04	Mujer	Sostén	0.01
	Calcetines	0.02		Calzón	0.03
	Camiseta sin manga	0.12		Calcetines	0.02
	Camisa manga larga	0.25		Blusa manga larga	0.25
	Pantalón de vestir	0.24		Pantalón	0.24
	Zapatos medios	0.04		Zapatos medios	0.05
	clo total	0.71		clo total	0.60
Vestimenta tipo 4: ABRIGADA					
Hombre	Calzoncillos	0.04	Mujer	Sostén	0.01
	Calcetines	0.02		Calzón	0.03
	Camiseta sin manga	0.12		Calcetines	0.02
	Camisa manga larga	0.25		Blusa manga larga	0.25
	Saco medio	0.28		Saco medio	0.28
	Pantalón grueso	0.28		Pantalón grueso	0.28
	Zapatos gruesos	0.10		Zapatos gruesos	0.10
	clo total	1.09		clo total	0.97
Vestimenta tipo 5: MUY ABRIGADA					
Hombre	Calzoncillos	0.04	Mujer	Sostén	0.01
	Calcetines	0.02		Calzón	0.03
	Camiseta sin manga	0.12		Calcetines	0.02
	Camisa manga larga	0.25		Blusa manga larga	0.25
	Chamarra	0.36		Chamarra	0.36
	Pantalón grueso	0.28		Pantalón grueso	0.28
	Zapatos gruesos	0.10		Zapatos gruesos	0.10
	Bufanda	0.02		Bufanda	0.02
	Guantes	0.02		Guantes	0.02
	clo total	1.21		clo total	1.09

Fuente: Bojorquez (2010) Elaborado a partir de: ASHRAE Thermal Comfort Tool, 1997 e Innova: Thermal Comfort (S/A)

Las tipologías de vestimenta fueran desarrolladas en función de los cambios en las prendas de vestir utilizadas como parte del proceso de adaptación a las condiciones climáticas. Cabe mencionar que el término de “Vestimenta tipo 3: Normal”, está en función del verano, ya que ese nivel de arropamiento no sería “normal” en invierno.

ANEXO H: SENSACIÓN TÉRMICA POR EFECTO DE FACTORES FISIOLÓGICAS

SENSACIÓN TÉRMICA POR EFECTO DE FACTORES FISIOLÓGICOS

Como parte complementaria del estudio, se realizaron análisis de factores fisiológicos; Para tal caso, se usaron el Calor Generado por el cuerpo al realizar actividades intensas (CG), la Temperatura Promedio de la Piel (TPP) y la temperatura interna (TI). Para lo cual, se utilizó el método MIST mixto, al igual que para el caso de las variables meteorológicas analizadas.

Sensación térmica por efecto del calor generado.

Para la temporada fría se tuvo que el efecto de éste mientras este aumentaba, la sensación de discomfort también o hacía; las líneas de ± 1 y 2 DE divergen a la de la media mientras esta tendía al VST de mucho calor -7-, lo que indicó una menor tolerancia al aumento del calor corporal a este factor en los individuos que realizan actividades deportivas y una CG neutra de 1965.6 W.

En las **temporadas de transición**, se puede observar cómo influye el proceso de adaptación en la sensación térmica; la transición entre frío a cálido, muestra una tendencia descendente en la línea media y un comportamiento visualmente paralelo de las ± 1 y 2 DE , lo que manifiesta baja tolerancia a cambios en el CG, esto es, que entre más se acerque el individuo al VST de mucho calor, los rangos de calor generado necesarios para perturbar su ST serán menores mientras que el

Unidad	-2 DE	-1 DE	CG N	+1 DE	+2 DE	
W (Watt)	1613.1	1788.9	1965.9	2154.8	2355.3	T. Fría
	1624.2	1836.5	2051.9	2278.0	2507.7	T. transición fría-cálida
	1634.0	1847.6	2057.4	2286.2	2540.9	T. Cálida

VST sea tendiente al de mucho frío, los sujetos soportarán niveles mayores de CG.

Por otro lado, en la transición cálido a frío, se tiene que el estímulo del calor generado es mucho mayor y la tolerancia de los individuos es mayor al aumento de la misma, lo que se infiere con la pendiente positiva de la línea media; lo anterior se puede explicar por la disminución de la TBS en esta temporada para ésta, las líneas de ± 1 y 2 DE tuvieron tendencias dispares, lo que se refleja en la variabilidad de los datos analizados en donde la media para cada temporada fue de 2051.9 y 2040.6 W respectivamente. En los anteriores casos, se tiene un comportamiento similar al de los periodos que les suceden.

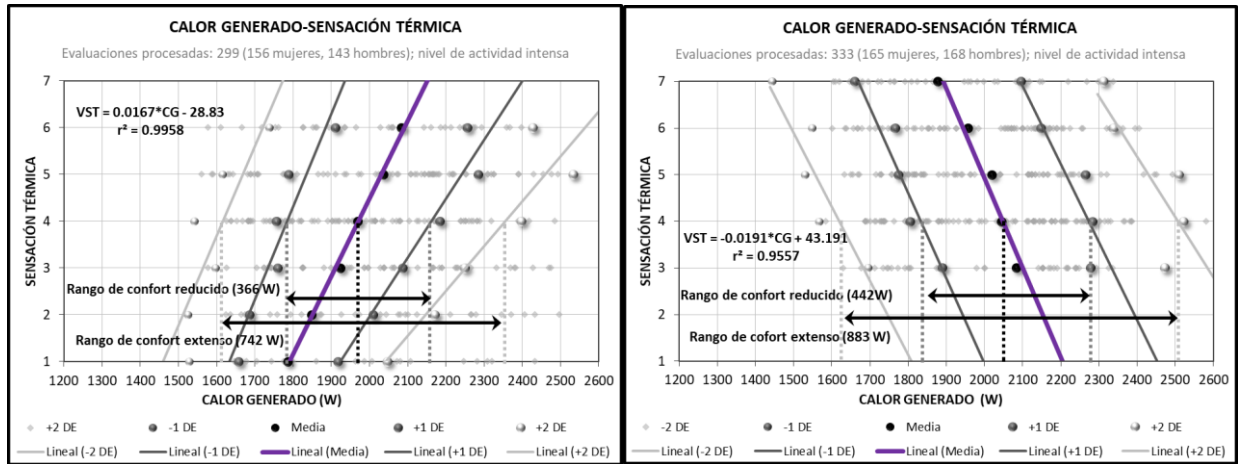
En la **temporada cálida**, las líneas de ± 1 y 2 DE son visualmente paralelas, lo que demuestra una adaptación similar de la población en cada uno de los votos de ST; la tendencia de la media es descendente, con lo que se infiere que la tolerancia de los sujetos a valores altos de CG es baja cuando estos se encuentran próximos al VST de mucho calor y el valor medio neutral fue de 2057.4 W.

En general, se tiene que este factor es determinante en la ST, las CG N (calor generado neutral) para cada temporada es similar, puesto que tienen una diferencia de 10 y 100W, que corresponde a 1% y 5% (ver tabla anexo H1); Lo mismo sucede en los rangos de confort los cuales, tanto el extenso como el reducido tienen una diferencia mínima de 4% entre temporadas, con valores entre los 400 a 900 W aproximadamente y la diferencia del coeficiente de determinación (r^2) para cada una de las temporadas fue de .04 (ver figura Anexo H2).

	1586.1	1813.8	2040.6	2272.9	2472.3	T. transición cálida-fría
--	--------	--------	--------	--------	--------	---------------------------

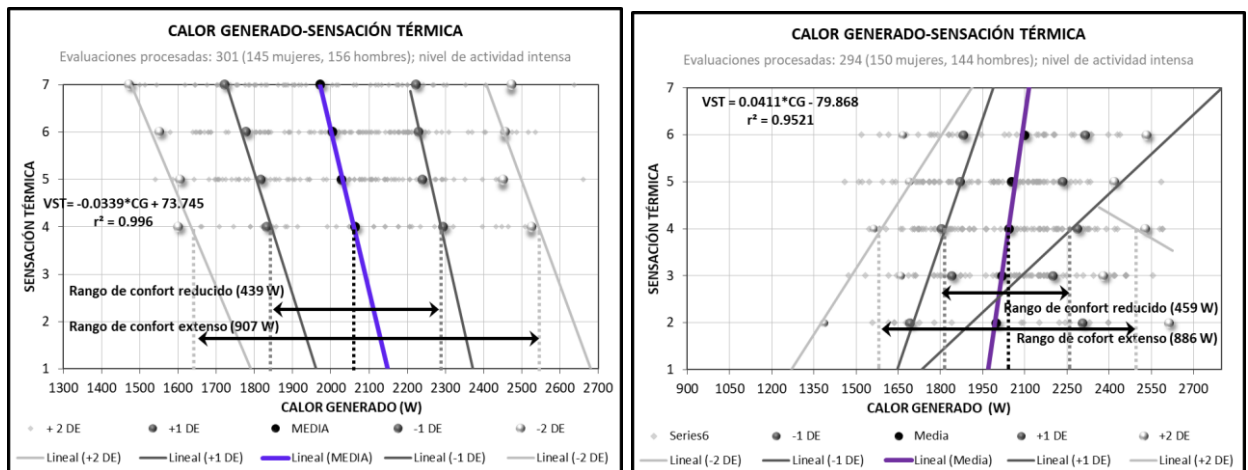
Anexo H1.- comparativa de calor generado en las cuatro temporadas.

Fuente: Elaboración Propia.



Temporada fría

Temporada transición frío cálido



Temporada cálida

Temporada transición cálido-frío

Fuente: Elaboración propia

Anexo H2.- Análisis de calor generado en las cuatro temporadas de sensación térmica

Sensación térmica por temperatura promedio de piel.

la temperatura promedio de piel, es la media que se obtuvo de las tres mediciones realizadas a los sujetos en el estudio en tres partes diferentes de su cuerpo (frente y ambos dorsos de las manos), la media obtenida para las temporadas va desde los 33°C a los 35°C.

Para la temporada fría se tuvo que el efecto de éste mientras este aumentaba la TPP, la sensación de disconfort también o hacía; las líneas de ± 1 y 2 DE son visualmente paralelas a la de la media lo que indica una adaptación similar de la población en cada uno de los VST, esto manifestó que al

elevarse la temperatura de la piel puede provocar una perturbación y aumento del discomfort de los individuos a la respuesta de mucho calor; en este caso la TPP neutral fue de 31,5 °C.

En las **temporadas de transición**, esta tuvo una variación de 0,4 °C entre las dos (Frío-cálido 33,6 °C y Cálido-frío 34 °C); el comportamiento de las líneas de ± 1 y 2 DE es de converger a la media cuando esta se aproxima a la sensación de mucho calor.

Se puede observar en el caso de la temporada de transición cálido a frío, este comportamiento de las líneas es más pronunciado en comparación con la T. fría a cálida, lo que enfatiza que el efecto del aumento de la temperatura de la piel en esta temporada es mayor que el a otra.

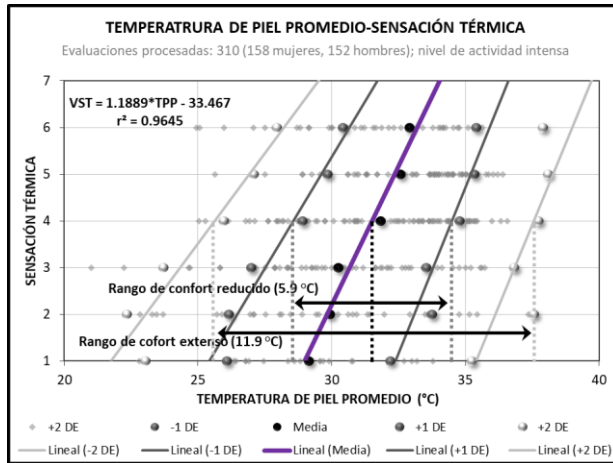
En la **temporada cálida**, las líneas de ± 1 y 2 DE son visualmente paralelas, lo que demuestra una adaptación similar de la población en cada uno de los votos de ST; al igual que las temporadas anteriores se tiene que el efecto de la TPP es adverso y genera un aumento de la ST. El valor neutral de TPP fue de 35,3°C.

En general se puede observar que en las cuatro temporadas el ascenso de la temperatura de la piel perturba la ST, al hacer que esta aumente al VST de mucho calor (figura Anexo H4); la variación entre cada valor neutral fue de 0,4 a 1,5 °C (ver tabla Anexo H3), mientras que la variación del coeficiente de determinación en el análisis de cada una de las temporadas fue de 0,01 entre cada una.

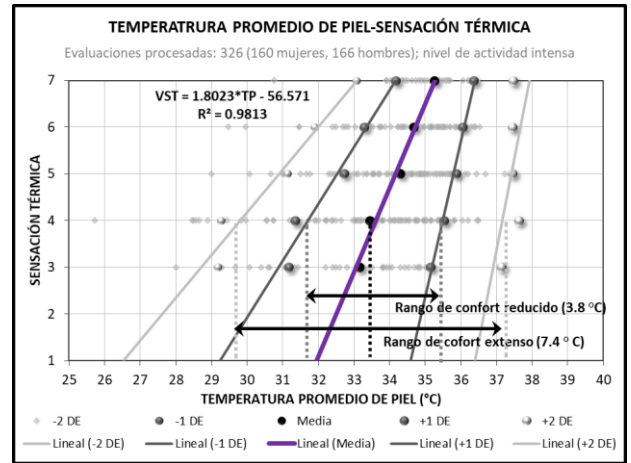
Anexo H3.- Comparativa de temperatura promedio de piel en las cuatro temporadas.

Unidad	-2 DE	-1 DE	TPP N	+1 DE	+2 DE	
Temperatura °C	25,6	28,6	31.5	34.5	37.6	T. Fría
	29.8	31.7	33.6	35.5	37.2	T. transición fría-cálida
	33.5	34.4	35.3	37.6	36.9	T. Cálida
	29.9	32.0	34.0	35.9	37.9	T. transición cálida-fría

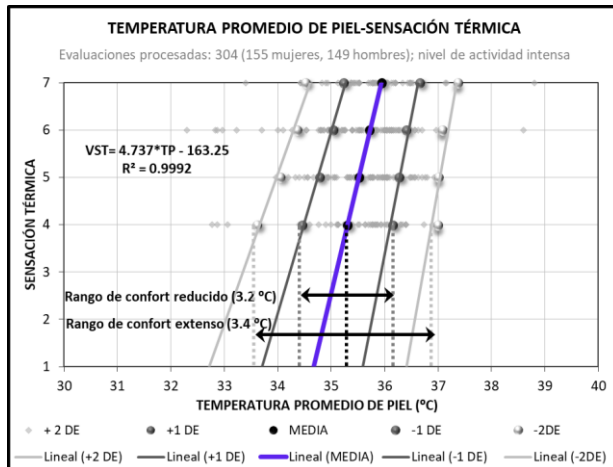
Fuente: Elaboración Propia.



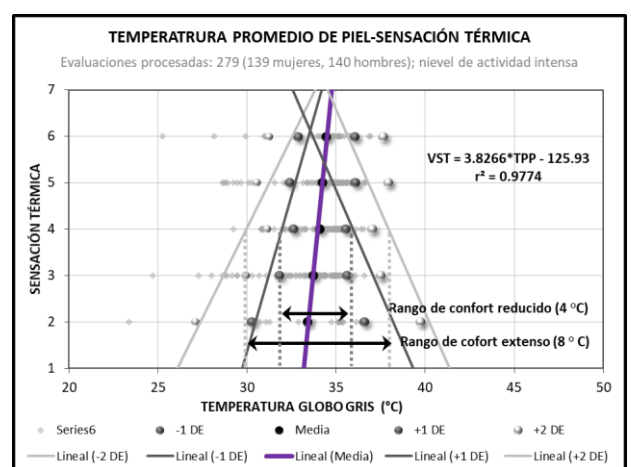
Temporada fría



Temporada transición frío cálido



Temporada cálida



Temporada transición cálido-frío

Fuente: Elaboración propia

Anexo H4.- Análisis de temperatura promedio de piel en las cuatro temporadas de sensación térmica

Sensación térmica por temperatura promedio de piel.

Por otro lado, se realizó el análisis de la temperatura interna y la sensación térmica, la cual se tomó en el oído con un termómetro infrarrojo. **Para la temporada fría** se tuvo un comportamiento similar al que se observó con la TPP, pero con una pendiente más pronunciada; el efecto de ésta mientras la TI aumente, también lo hace la ST; las líneas de ± 1 y 2 DE son visualmente paralelas a la de la media lo que indica una adaptación similar de la población en cada uno de los VST; la TI neutral se estableció en 36,1 °C, con un rango tanto extenso como reducido de 2,3 y 4,7 °C.

En las **temporadas de transición**, esta tuvo una variación de 0,3 °C entre las dos (Frío-cálido 36,2 °C y Cálido-frío 36,5 °C); el comportamiento de las líneas de ± 1 y 2 DE es de divergente a la media cuando esta se aproxima a la sensación de mucho calor, lo que indica que entre más se acerque un sujeto al VST de mucho calor menos tolerantes se vuelven al aumento de la TI, lo que provoca su extrema incomodidad térmica.

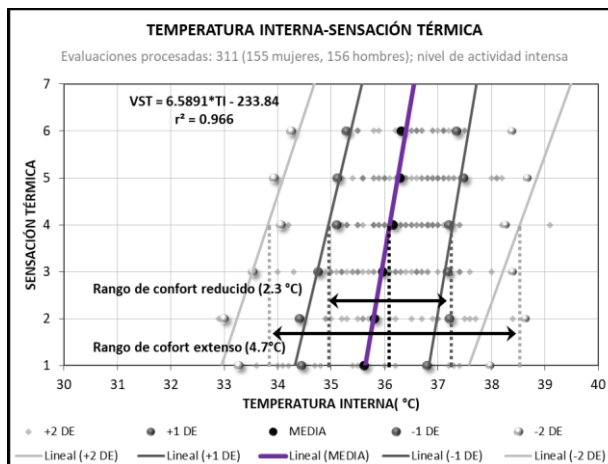
En la **temporada cálida**, las líneas de ± 1 y 2 DE son divergentes a la media mientras esta tiende al VST de mucho calor, lo que enfatiza lo dicho anteriormente, entre más aumente la temperatura interna del cuerpo, más incomodidad térmica se tiene. El valor neutral de TI fue de 36,9 °C con un rango extenso de 1.5°C.

En general se puede observar que en las cuatro temporadas un aumento en la temperatura interna repercute en la perturbación de la ST, el comportamiento de este factor fisiológico es similar; la variación entre cada valor neutral fue de 0,8 °C (ver tabla Anexo H5) mientras que la variación del coeficiente de determinación en el análisis de cada una de las temporadas fue de 0,015 entre cada una (ver figura Anexo H6).

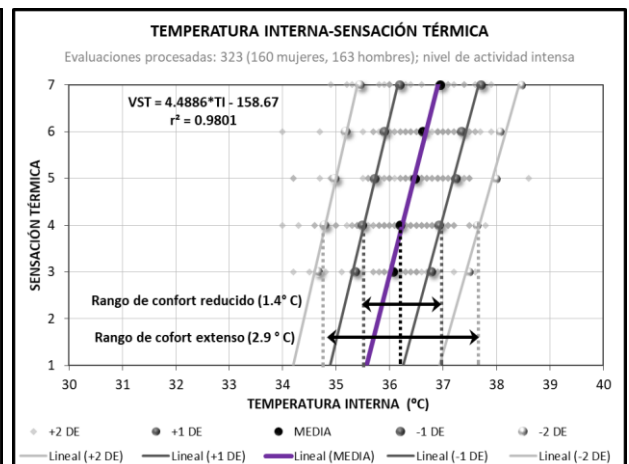
Anexo H5.- Comparativa de temperatura promedio de piel en las cuatro temporadas.

Unidad	-2 DE	-1 DE	TI N	+1 DE	+2 DE	
Temperatura °C	33.8	34.9	36.1	37.3	38.5	T. Fría
	34.8	35.5	36.2	37.0	37.7	T. transición fría-cálida
	35.2	35.9	36.5	37.1	37.8	T. Cálida
	36.2	36.6	36.9	37.3	37.7	T. transición cálida-fría

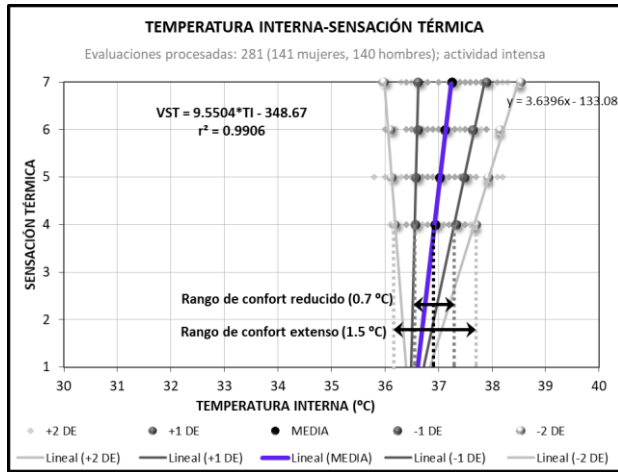
Fuente: Elaboración Propia.



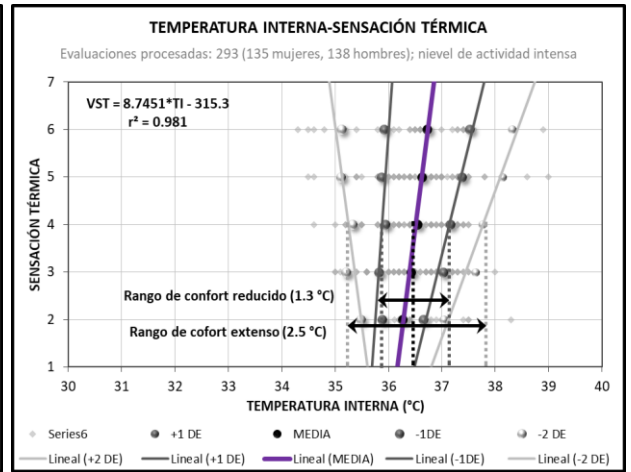
Temporada fría



Temporada transición frío cálido



Temporada cálida



Temporada transición cálido-frío

Fuente: Elaboración propia

Anexo H4.- Análisis de temperatura promedio de piel en las cuatro temporadas de sensación térmica

BIBLIOGRAFÍA

A

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc (ANSI-ASHRAE), (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Tullie Circle NE, Atlanta, GA; ISSN 1041-2336.

Aroztegui, J. (2004). Guía de clases para acondicionamiento térmico. Uruguay: Universidad de la República de Uruguay.

Ashihara, Y. (1982). El diseño de espacios exteriores. España: Gustavo Gili, S. A.

Auliciems, A. (1981a). Towards a psycho-physiological model of thermal perception, Int J of Biometeorology, 25. 109-122

Auliciems, A. (1981b) Global differences in indoor thermal requirements. Australian & New Zealand Association for the Advancement of Science. Conference, Brisbane, Australia.

Auliciems, A. (1998a). Human Bioclimatology: An Introduction In: Advances in bioclimatology 5, Human bioclimatology.(1-6). Auliciems A. (Ed). Springer: Bet Dagan.

Auliciems, A. (1998b). Human Bioclimatology. In: Advances in bioclimatology 5, Human bioclimatology.(7-15). Auliciems A. (Ed). Springer: Bet Dagan.

Auliciems A. 1998. Advances in bioclimatology 5: human bioclimatology. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg.

Auliciems, A. de Dear R. (1998). Thermal adaptation and variable indoor climate control. Advances in bioclimatology 5: human bioclimatology. Springer, Berlin Heidelberg.

Auliciems A., Szokolay S. (1997). Thermal comfort. Plea: Passive and Low Energy Architecture International and the University of Queensland Printery, Brisbane. 64 pp.

B

- Barnett V. (1991). *Sample survey: principles and methods*. Oxford University Press. New York.
- Bazant, J. (2010). *Espacios urbanos, historia, teoría y diseño*. Limusa. México.
- Bedford, T. (1936). *The warmth factor in comfort at work: a physiological study of heating and ventilation*. Industrial Health Research Board Report No. 76. HMSO.
- Blair, S., Kohl III H., Paffenbarger R., Clark D., Cooper K., Gibbons L., (1989) Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *JAMA*. 1989;22:2395-401.6.
- Błażejczyk, K., Jendritzky, G. Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Epstein, Y., Psikuta, A., Kampmann, B. (2014). *An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI)*. Polish. Institute of Geography and Spatial Organization Polish Academy of Science.
- Blazejczyk, Krysztof. (2002b) MENEX 2002. <http://www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/menex.htm>. 2002a. Acceso realizado en 24/10/2016. Man-environment heat exchange model. <http://www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/menex.ppt>.
- Blazejczyk, K. (1996) Climatological-and-physiological model of the human heat balance outdoor and its applications in bioclimatological studies in different scales. *Zeszyty IGiPZ PAN*, 28, p.2758, 1996.
- Blazejczyk, K., Kunert, A. (2011). *Bioclimatic principles of recreation and tourism in Poland*. Institute of Geography and Spatial Organization, ISBN: 978-83-61590-47-7
- Błażejczyk, Kuchcik, Błażejczyk, Milewski, Szmyd, (2013). Assessment of urban thermal stress by UTCI – experimental and modelling studies: an example from Poland. *Journal of the Geographical Society of Berlin, Alemania*.
- Bojorquez, G. (2010). *Confort térmico en exteriores: actividades en clima cálido seco extremo*. Mexicali: Universidad Autonoma de Baja California.

- Bojórquez-Morales, G., Gómez-Azpeitia, G., Rafael, G.-C., Ruíz-Torres, P. y Luna-León, A. (2011). Thermal comfort temperature in outdoors for extreme warm dry climate. PLEA 2011 - 27th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Louvain-la-Neuve.
- Bojórquez, G., Romero, R. y Luna, A. (2013). Confort térmico en espacios públicos exteriores en clima cálido seco extremoso. Reporte de avance. Período 2012-2 (pp. 176).
- Borja, J., Muxi, Z. (2007). El espacio público: ciudad y ciudadanía. Barcelona: Electa.
- Brager, G. y de Dear, R. (2001) Climate, Comfort & Natural Ventilation: A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55. En: Moving Thermal Comfort Standards into the 21st Century, Conference Proceedings. Cumberland Lodge, Windsor, UK, pp. 60-77
- Brager, S. and de Dear, R. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, 34, 6, July 2002, 549-561
- Bravo-Morales G. y González-Cruz E. (2000). Sensación térmica y confort en condiciones cálidas y húmedas. Memoria Conferencia Internacional sobre confort y comportamiento térmico de edificaciones. Maracaibo, Venezuela.
- Bravo-Morales G. González-Cruz E. (2001) Confort térmico en el trópico. Hacia un estandar en viviendas naturalmente ventiladas. *Información Tecnológica*, Chile.
- Brown, R. and Gillespie, T. (1954). Microclimatic landscape design, creating thermal confort and energy efficiency. (reimpreso 1995). New York: Jhon Wiley & Sons.
- Brown R. and Gillespie T. (1986). Estimating Outdoor termal confort using a cilindrical radiation thermometer and an energy budget model. *Int. J. Biometeorology*. Vol. 30, No. 1, Pag. 43-52, Swets & Zeitlinger.
- Brown, R., Gillespie, T. (1995). Microclimatic landscape design, creating thermal confort and energy efficiency. . New York: (reimpreso 1995) Jhon Wiley & Sons.

Brotherhood JR (2008) Heat stress and strain in exercise and sport. *J Sci Med Sport* 11(1):6–19

Brown R. Gillespie T. 1995, (1954). Microclimatic landscape design, creating thermal comfort and energy efficiency. Ed. John Wiley and Sons, New York, 193 pp.

Bulcao, C., Frank, S., Raja S., Tran, K., & Goldstein, D. (2000). Relative contribution of core and skin temperatures to thermal comfort in humans. *Journal of Thermal Biology - J THERM BIOL.* 25. 147-150. 10.1016/S0306-4565(99)00039-X.

C

Canul, L. (2018). Determinación del rango de confort térmico para espacios interiores aplicable a climas representativos de México. Universidad de Colima.

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), 2009, “Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012”, Diario Oficial de la Federación, México, D. F., 28 de agosto

Chandler, T. (1965): The climate of London. Hutchinson, London, 292 pp.

Chandler, T. (1976): Urban climatology and its relevance to urban design. WMO, Tech.

Chueca, F. (1970): Breve historia del urbanismo. Madrid, Alianza.

Cheung, S, Flouris, AD (2009). Maximal oxygen uptake regulation as a behavioral mechanism. *J Appl Physiol* 2009; 106: 345.

Critchfield H., 1974. Climate and human comfort. General Climatology. Prentice - Hall.

Cortés, L. (2016). Estudio de la capacidad aeróbica, variables antropométricas y sus determinantes en deportistas adolescentes de Madrid; como factores pronósticos y diagnósticos de salud. Universidad Complutense de Madrid.

Cook, J. (1991): Searching for the Bioclimatic City, Londres, Kluwer Academic Publishers, pp. 7-16.

D

- de Bolster, M., (1997). Glossary of terms used in bioinorganic chemistry (IUPAC Recommendations. 1997, Vol. 69, Issue 6, pp. 1251-1304
- de Dear, R. Brager G. Cooper D. 1998. Developing an adaptative model of thermal comfort and preferentes. Final Report on RP-884. ASHRAE and Macquarie Research Ltd.
- de Dear, R., Parkinson, T. (2015). Thermal pleasure in built environments: physiology of alliesthesia. Universidad de Sidney. Australia.
- de Freitas CR (1986) Human thermal climates of New Zealand. Misc Publ No. 190, New Zealand Meteorological Service, Ministry of Transport, Wellington
- de Freitas CR (1987) Bioclimates of heat and cold stress in New Zealand. *Weather Clim* 7:55–60
- de Freitas, C., Ryken, R. (1989). Climate and physiological heat strain during exercise. *Int J Biometeorol* (1989) 33: 157. <https://doi.org/10.1007/BF01084600>
- de Freitas, C., (1997) Recreation climate assessment. *International Journal of Climatology*, 10, p. 89103,
- Díaz, R., Castro, A., Aranda, P. (2013). Mortalidad por calor natural excesivo en el noroeste de México: Condicionantes sociales asociados a esta causa de muerte. *Frontera norte* vol.26 no.52 México jul./dic. 2014. ISSN 2594-0260.
- Docherty, M., Szokolay, S. (1999). Climate analysis. In PLEA Note 5. Brisbane: Passive and Low Energy Architecture. University of Queensland.
- Dunn, A.; Trivedi, M. y O'Neal, H. (2001). Physical activity doseresponse effects on outcomes of depression and anxiety. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 587-97.
- Djongyang, N., Tchinda, R. y Njomo, D. (2010). Thermal comfort: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 2626-2640.

E

- Eliasson I, Knez I, Westerberg U (2007) Climate and behavior in a Nordic city. *Landscape Urban Plann* 82:72–84
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), (2008). EPA's 2008 Report on the Environment (ROE). Washington, EPA/600/R-07/045F May 2008
- Evans, J., Schiller, S. (1991): Climate and Urban Planning: The Example of the Planning Code for Vicente López, Buenos Aires. *Energy and Buildings*, Vol. 15.

F

- Fanger, O. (1972) Thermal comfort. McGraw-Hill, New York
- Fanger O. (1986). Thermal environment- human requirements. *The environmentalist*. Volume 6, Number 4, 275-278. Springer: Netherlands
- Fuentes-Freixanet, V. A. (2010). Curso de diseño bioclimático. Cd. México: Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco. División de Ciencias y Artes para el Diseño.

G

- Gagge, A; Stolwijk, A. and Saltin B. (1971). An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. *ASHRAE Transactions*, 77 (1), 247-62.
- Gagge, A. y Nishi y. (1977). Heat exchange between human skin surface and thermal environment *Handbook of physiology, reaction to environment agents: American Physiological Society*
- Gaitani, N; Mihalakakou, G. and Santamouris, M. (2007). On the use of bioclimatic Architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces. *Building and Environment*, 42, 317-324. Elsevier.

- García, O.; Jáuregui, E.; Toudert, D. (2007). Detección de la isla de calor urbana en Mexicali, B.C., México y su relación con los usos de suelo. En. *Atmósfera* 20 (2), 111-131.
- García Cueto, R., Tejada Martínez, A., Bojorquez Morales, G. (2009). Urbanization effects upon the air temperature in Mexicali, BC, Mexico. *Atmósfera*, 22(4), 349-365
- Givoni B. 1976. *Man, climate and architecture*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, pp 483, ISBN: 0-442-26296-5
- Givoni, B. (1997). *Climate considerations in building and urban design*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Givoni, B; Noguchi, M; Saaroni, H; Pochter, O; Yaacov, Y; Feller, N. and Becker, S. (2003). Outdoor comfort research issues. *Energy and buildings*, 35, 77-86.
- Gómez-Azpeitia, G., Bojórquez, G., Ruiz, P., Romero, R., Ochoa, J., Pérez, M., Reséndiz, O., Llamas, A. (2009) comfort temperatures inside low-cost housings of six warm climate cities in mexico plea2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture Quebec: Les Press de l'Université Laval. ISBN:978-2-7637-8939-2 (Memoria impresa), ISBN: 978-2-7637-8940-8 (CD)
- Gómez-Azpeitia, G. (2016). Método para determinar el coeficiente de regresión de Griffiths. Apuntes no publicados. Colima, Colima, México.
- Greenpeace International (GPI), (2009) Greenpeace Internacional, 2009. *Racing Over the Edge* New science on the climate crisis. Greenpeace. Internacional.
- Guyton, A. (2016). *Tratado de fisiología médica*. Elsevier España, S.L.U. treceava edición.

H

- Havenith, G., Holmér, I., Parsons, K. (2002). Personal factors in thermal comfort assessment: Clothing properties and metabolic heat production. *Energy and Buildings*. 34. 581-591. 10.1016/S0378-7788(02)00008-7.

- Heath GW, Hagberg JM, Ehsani AA, et al.(1981) A physiological comparison of young and older endurance athletes. *J Appl Physiol.* 1981;51:634-40.9.
- Hedge, A. (2008). Thermal sensation and thermoregulation. Cornell University Ergonomics Web. <http://ergo.human.cornell.edu/studentdownloads/DEA350pdfs/thermreg.pdf>.
Colsultado 30/12/2008
- Hernández, L. F. (2012). Tesis: Lineamientos para diseño de andadores en un campus universitario: Unidad Mexicali II. Mexicali: Universidad Autonoma de Baja California.
- Huang, J. (2007). Assessment of clothing effects in thermal comfort standards: A Review. *Journal of Testing and Evaluation.* 35. 455-462.
- Huizenga, C., Hui, Z., & Arens, E. (2001). A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments. *Building and Environment.* 36. 691-699. 10.1016/S0360-1323(00)00061-5.
- Humphreys, M. (1976). "Field Studies of Thermal Comfort Compared and Applied" in *J. Inst. Heat. & Vent. Eng.*, 44.
- Humphreys, M. (1978). "Outdoor Temperatures and Comfort Indoors" in *Building Research & Practice*, 6 (2), pp. 92-105.
- Humphreys, M. (1981). "The Dependence of Comfortable Temperatures Upon Indoor and Outdoor Temperatures" in Cena and Clarke (ed.). *Bioengineering, Physiology and Comfort*, Elsevier, Amsterdam.
- Humphreys, M. (1995)a. "Fields studies of thermal comfort compared and applied" in *Symposium of Physiological Requirements of the Microclimate*, Elsevier, Praga.
- Humphreys, M. (1995)b. "Thermal Comfort Temperatures and Habits of Hobbits", en Nicol, F., Humphreys, M., Sykes, O. y S. Roaf (Ed.) (1995). *Standards for Thermal Comfort: Indoor Air Temperature Standards for the 21st Century*, E&FN, London.

- Humphreys, M. and M. Hancock (2007). “Do People Like to Feel “Neutral”? Exploring the Variation on the Desired Thermal Sensation on the ASHRAE Scale” in *Energy and Buildings*, 34.
- Humphreys, M. and F. Nicol (1998). “Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort” in *ASHRAE Transactions, Technical Bulletin*, 104 (1), Atlanta, pp. 991-1004.
- Humphreys, M. and F. Nicol (2002). “The Validity of ISO-PMV for Predicting Comfort Votes in Every-day Thermal Environments” in *Energy and Buildings*, 34, pp. 667-684..
- Humphreys, M., Nicol, F., & Roaf, S. (2016). *Adaptive Thermal Comfort: Foundations and Analysis*. USA: Routledge.
- Huynen M, Martens P, Schram D et al (2001) The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environ Health Perspect* 109:463–470
- Höppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biometeorol.*, 43, 71-75.
- Höppe, Peter R. A universal index for the assessment of the thermal environment: the physiological equivalent temperature PET. In: *INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOMETEOROLOGY & INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATOLOGY*, 15, 1999, Sydney. *Selected Papers from the Conference...* Geneva: World Meteorological Organization, p. 261-266, 2000
- Höppe P. 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Building*, Elsevier Science., No. 34, pp 661-665.
- Heidorn, S. (2001). Summer discomfort mixing heat and humidity. <http://www.nws.noaa.gov/om/windchill/>.

- Internacional Organization for Standardization. ISO 10551. (2019) Ergonomics of thermal environment – assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Ed. International Organization for Standardization, Ginebra, pp 52.
- Internacional Organization for Standardization 7730, (2005). Moderate thermal environment- determination of the PMV and PPD indices and specifications of conditions of thermal confort. E.U.A.: International organizations for Standardizations.
- Internacional Organization for Standardization 7243, (1989) Hot Environments - Estimation Of The Heat Stress On Working Man, Based On The WBGT-Index (Wet Bulb Globe Temperature). E.U.A.: International organizations for Standardizations.
- Internacional Organization for Standardization 7933, (2004) Ergonomics Of The Thermal Environment - Analytical Determination And Interpretation Of Heat Stress Using Calculation Of The Predicted Heat Strain. E.U.A.: International organizations for Standardizations.
- International Organization for Standardization. 7726, (1998). Ergonomics of the thermal environment – instruments for measuring physical quantities. Ginebra: International organizations for Standardizations.
- Internacional Organization for Standardization 11079, (2007) Ergonomics Of The Thermal Environment - Determination And Interpretation Of Cold Stress When Using Required Clothing Insulation (IREQ) And Local Cooling Effects. E.U.A.: International organizations for Standardizations.
- Internacional Organization for Standardization 8996, (2004) Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate. E.U.A.: International organizations for Standardizations.
- Internacional Organization for Standardization 9920, (2007) Ergonomics of the thermal environment -- Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. E.U.A.: International organizations for Standardizations.

Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP). (2012). Plan de desarrollo urbano centro de población Mexicali 2025. Mexicali. Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana.

INEGI (2015) Modulo para Práctica Deportiva y Ejercicio Físico: datos de las actividades físicas en México, censo 2012. México.

J

Jackson A, Blair S, Mahar M, Wier L, Ross R, Stuteville J. (1990) Prediction of functional capacity aerobic exercise testing. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22:863-70

Jaramillo, H., López G., Rodríguez M., (2011), Golpe de calor: un problema de salud pública en Mexicali, *Salud pública de México*, vol. 53, núm. 4, pp. 285-286.

Jendritzky, G., Havenith, G., Weihs, P., Batchvarova, E., and de Dear R. (2007). The Universal Thermal Climate Index UTCI. Goal and state of COST Action 730. *Environmental Ergonomics XII. Proceedings of the 12th International Conference on Environmental Ergonomics*. August 19-24, 2007, Piran Slovenia. ISBN 978-961-90545-1-2.

Jendritzky G, de Dear R, Havenith G (2012) UTCI – Why another thermal index? *Int J Biometeorol* 56, 421–8.

Johansson, E., Thorsson, S., Emmanuel, R., Krüger, E. (2014). Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – The need for standardization. *Urban Climate*. 10. 10.1016/j.uclim.2013.12.002.

K

Kräuchi K., (2007). The thermophysiological cascade leading to sleep initiation in relation to phase of entrainment. *Sleep Med Rev.* 2007 Dec;11(6):439-51. Epub 2007 Aug 30.

Kenny, G., Jay, O. & Shane Journeay, W. (2007). Disturbance of thermal homeostasis following dynamic exercise. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*. 32. 818-31. 10.1139/H07-044

- Kalkstein LS (1993) Health and climate change: direct impact impacts in cities. *Lancet* 342:1397–1399
- Kalkstein LS, Greene JS (1997) An evaluation of climate/mortality relationships in large US cities and the possible impacts of a climate change. *Environ Health Perspect* 105:84–93
- Kalkstein LS, Smoyer KE (1993) The impact of climate change on human health: some international implications. *Experientia* 49:969–979
- Keatinge WR, Donaldson GC, Cordioli E et al (2000) Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study. *BMJ* 321:670–673
- Kim, S., Jeong W. (2002) Influence of illumination on autonomic thermoregulation and choice of clothing. *Int Journal Biometeorol* 46:141–144
- Knez, I., and Thorsson, S. (2008). Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: cross-cultural, and environmental attitude comparisons. *Build. Environ.* 43, 1483–1490. doi: 10.1016/j.buildenv.2007.08.002
- Knez, I., Thorsson, S., Eliasson, I., and Lindberg, F. (2009). Psychological mechanisms in outdoor place and weather assessment: towards a conceptual model. *Int. J. Biometeorol.* 53, 101–111. doi: 10.1007/s00484-008-0194-z
- Krstic, V. (2004). *Human Microscopic Anatomy: An Atlas for Students of Medicine and Biology* Springer.

L

- Laforge, R.; Rossi, J.; Prochaska, J.; Velicer, W.; Levesque, D., McHorney, C. (1999). Stage of regular exercise and health-related quality of life. *Preventive Medicine*, 28, 349-360.
- Landsberg, B. (1981): *The urban climate*. New York, Academy Press, 275 pp.
- Lee IM, Hsieh CC, Paffenbarger RS Jr. (1995). Exercise intensity and longevity in men. The Harvard Alumni Health Study. *JAMA*. 1995;273:1179-784.8.

Leech J., Burnett R., Nelson W., Aaron S., Raizenne M. 2000. Outdoor air pollution epidemiologic studies, *American Journal of Respiration and Critical Care Medicine*, 161

Luna, A. (2008). Diseño y evaluación de vivienda energéticamente sustentable. Mexicali: Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California.

M

Macpherson, R. K. (1962). The assessment of the thermal environment: A review. *British Journal of Industrial Medicine*(19).

Marques-Monteiro, L. (2008). Modelos predictivos de confort térmico: Quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. FAU-USP.

Marti B, Howald H. (1990) Long-term effects of physical training on aerobic capacity: controlled study of former elite athletes. *J Appl Physiol*. 1990;69:1451-9.12.

McArdle D, Katch F, Katch V. (2004) Fundamentos de fisiología del ejercicio. 2.a ed. Madrid: McGraw-Hill; 2004. p. 365-9.5.

Maw, G. J., Mackenzie, I. L., and Taylor, N. A. (2000). Can skin temperature manipulation, with minimal core temperature change, influence plasma volume in resting humans? *Eur. J. Appl. Physiol*. 81, 159–162. doi: 10.1007/PL00013790

Maxwell, K. y Tucker, L. (1992). Effects of weight training on the emotional well being and body image of females: predictors of greatest benefit. *American Journal of Health Promotion*, 6, 5, 338-344.

Méndez, I., Tejeda A. (2005). “Conceptos e Índices de Confort Térmico Humano” en Rodríguez M. (comp.) *Estudios de Arquitectura Bioclimática*, anuario 2005, vol. VII, Universidad Autónoma Metropolitana, ed. Limusa, México.

- Mondelo, P., Torada, E., González, O., Gómez Fernández, M., (2013). Ergonomía 4 El trabajo en oficinas. Iniciativa Digital Politècnica, Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC ISBN: 978-84-7653-982-8, ISBN (obra completa): 84-8301-484-X
- Mora-Rodríguez, R. (2010). Fisiología del deporte y el ejercicio. Editorial Médica Panamericana.
- Morin, E. (2008). Introducción al pensamiento complejo. Ciencias cognitivas. Argentina: Editorial Gedisa.
- Mutrie, N. y Parfitt, G. (1998). Physical activity and its link with mental, social and moral health in young people. In S. Biddle, J. Sallis, y N. Cavill (Eds.), Young and active: young people and health-enhancing physical activityevidence and implications. London: Health Education Authority.

N

- Namakforoosh, M. (1996). Metodología de la Investigación. Ciudad de México: Limusa.
- Nicol, J. (1994) Some like it hot, comfort and energy in Pakistan. European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings. Lyon, France.
- Nicol, F; Raja, I; Allaudin, A. and Jamy, G. (1999). Climatic variations in comfortable temperatures: The Pakistan Project. Energy and Buildings, 30, 261-279.
- Nicol, F. (2004). Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. Energy and Buildings, 36, 628-637.
- Nicol, F. and Humphreys, M. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standars for buildings. Energy and Buildings, 34. 563-572.
- Nicol F. (2003). Thermal Comfort. Solar thermal Technologies for building: the state of art, Editor: M. Santamouris, Ed. James and James, London, pp 164-188.
- Nicol, F., Humphreys, M., & Roaf, S. (2012). Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice. USA: Routledge.

- Nikolopoulou M. (2004). Designing open space in the urban environment: a bioclimatic approach. Ed. Center for renewable energy sources.
- Nikolopoulou M., Lykoudis, S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. ElSevier. Building and Environment, Volume 41, Issue 11, Pages 1455-1470
- Nikolopoulou, M. y Lykoudis, S. (2007). Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area. Building and Environment, 42(10), 3691-3707
- Nikolopoulou M, Baker N, Steemers K (2001) Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. Solar Energy
- Nikolopoulou, M. and Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. Energy and Buildings, 35, 95-101.
- Noguchi, M., Givoni, B. (1997) Outdoor comfort as a factor in sustainable towns, in: Proceedings of the Second International Conference for Teachers in Architecture, Paper 3.01, Florence, Italy, October

O

- Alpuche M. G., Marincic I., Ochoa J.M., (2006) Effect of daylighting design on thermal comfort and on energy consumptions in economical dwellings, Proceedings of AMES/ANES 2006, XXX Mexican National Solar Energy Week Conference, October 2-6, 2006, Veracruz, Mexico.
- Oke, T. (1986). Boundary layer climate. Methuen & Co. Ltd
- Olgyay, V., Olgyay, J. (1963). Desing with the climate: bioclimatic approach to architectural regionalism. New Jersey: Princenton: University Prees.
- Oliveira, P. (1988). Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de conmatology and its applications with special regard to tropical areas. Proceedings of the technical conference, N°652, Mexico D.F., WMO, pp. 1-25.

ONU-Habitat. (2012). Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Brasil: ONU-Habitat.

P

Palomares, F. J. (2011) La intervención contemporánea de los habitantes en los espacios abiertos urbanos. Caso de estudio zona sur del Centro Histórico de la Ciudad de México. Tesis de Maestría, Facultad de Arquitectura, UNAM. México D.F.

Paluska, S. y Schwenk, T. (2000). Physical activity and mental health: current concepts. *Sports Medicine*, 29, 3, 167-80.

Parsons KC (2003) Human thermal environments: the effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance, 2nd edn. Taylor and Francis, New York

Pickup, J., de Dear, R. (2000). An outdoor thermal comfort index (OUT-SET*) - Part I - The model and its assumptions. 15th International Congress of Biometeorology and International Conference on Urban Climatology, edited by R. de Dear and J. Potter (Macquarie University; Sydney) (ISBN 1 86408 5436). pp.ICB9.4.1-6.

Potter, J.C. and de Dear, R.J (2000). Field Study to Calibrate an Outdoor Thermal Comfort Index. In *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium*. WCASP 50: WMO/TD No.1026. Edited by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R.Oke and A.Auliciems. (WMO: Geneva). pp.315-320

Proshansky, H., William, I., & Rivlin, L. (1978). *Psicología ambiental, el hombre y su entorno físico*. México: Editorial Trillas.

Puig, N. (2008). Espacio público y deporte: de la reflexión a la intervención. In *Apunts. Educación Física i Esports* (91), pp114-120 ISSN: 1577-4015. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*. 114-120.

Puig, N., Maza, G. (2008). El deporte en los espacios públicos urbanos. Reflexiones introductorias. In Apunts. Educació Física i Esports, (91), pp. 3-8, ISSN:1577-4015. Apunts. Educacion Fisica y Deportes. 3-8.

R

Ramanathan, N. (1964). A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *Journal of Physiology*.

Ramírez-Vélez R, Delgado P. (2008) Análisis comparativo de las ecuaciones desarrolladas por Jackson et al y por el ACSM American College Sport Medicine para predecir el consumo máximo de oxígeno en estudiantes universitarios. *Revista Fisioterapia*. 2008;30;24-33.13.

Revich B, Shaposhnikov D (2008) Temperature-induced excess mortality in Moscow, Russia. *Int J Biometeorol* 52(5):367–374

Rincón, J. (2015). Confort térmico en bioclima semi-frío: estimación a partir de los enfoques de estudio adaptativo y predictivo (Caso de estudio: Centro de Estudios de Educación Superior en Pachuca, Hidalgo). Universidad Autónoma Metropolitana.

Rivero, R. (1988). *Arquitectura y Clima: Acondicionamiento Térmico Natural*. Uruguay: Universidad de la Republica de Uruguay.

Rhoades R, Tanner, G. (1997). *Fisiología Médica*. Barcelona: Masson.

Rholes F.,Nevins, R., (1975) The Nature Of Thermal Stress For Sedentary Man”, *Ashrae Transactions*, 77(1):239-246.

Rodríguez E., Cejudo J., Velázquez R., Álvarez S., Molina J., Guerra J. 1991. Control climático en espacios abiertos. El proyecto expo'92. Madrid, España. Secretaria General Técnica del CIEMAT. 195.

Romanovsky A. (2007). Thermoregulation: some concepts have changed. *Functional architecture of the thermoregulatory system. American Journal of Physiology*.

Ruiz-Torres, P. (2007). Estandar de confort térmico para la ciudad de Colima. Universidad de Colima. Facultad de Arquitectura y Diseño. Colima

Ruiz, R. (2011). Confort Térmico Variable en Clima Cálido Subhúmedo, Tesis de Doctorado, Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura y Diseño, Colima, México.

S

Sakoi T, Tsuzuki K, Kato S, Ooka R, Song D, Zhu S (2007) Thermalcomfort, skin temperature distribution, and sensible heat lossdistribution in the sitting posture in various asymmetric radiantfields. Build Environ 42:3984–3999

Schneider, E., & Sagan, D. (2006). Into the Cool: Energy Flow, Thermodynamics, and Life. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.

Semenza JC, Rubin CH, Falter KH et al (1996) Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. N Engl J Med 335 (2):84–90

Serra y Coch (2005). Arquitectura y energía natural. Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.: México

Shibasaki, M., Wilson, T. E., & Crandall, C. G. (2006). Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. Journal of Applied Physiology, 100, 1692-1701.

Sonstroem, R. (1984). Exercise and self-esteem exercise. Sport Science Review, 12, 123-155.

Sonstroem, R. (1997). Physical activity and self-esteem. In W.P. Morgan (Ed.), Physical activity and mental health. Washington, DC: Hemisphere.

Sheridan SC, Kalkstein LS (2004) Progress in heat watch–warning system technology. Bull Am Meteorol Soc 85:1931–1941

Szokolay, S. (2004). Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design, Architectural Press, Elsevier, London.

Spagnolo, J., de Dear, R. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney, Australia. *Building and Environment*, pp. 721-738.

Spagnolo, J., de Dear, R. (2003): A human thermal climatology of subtropical Sydney. *International Journal of Climatology*, 23, pp. 1383-1395.

Steeners, K., Ramos, M. y Sinou, M. (2004). Urban diversity. In K. Steemers & M. A. Steane (Eds.), *Environmental diversity in architecture* (pp. 85-100): Spon Press.

Stephens, T. (1988). Physical activity and mental health in the United States and Canada: evidence from four population surveys. *Preventive Medicine* 17,1, 35-47.

T

Tan J, Zheng Y, Song G et al (2007) Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003. *Int J Biometeorol* 51:193–200

Tartibian, B., & Khorshidi, M. (2006). Prediction of physiological indexes in exercise (field & laboratory). Tehran (Iran): Teymorzadeh edition

Taylor H, Hansen J. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. *J Appl Physiol*. 1955;8:73-80.2.

Thorsson S, Lindqvist M, Lindqvist S (2004) Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden *Int J Biometeorol* 48:149–256

Thorsson S, Honjo T, Lindberg F et al (2007) Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places. *Environ Behav* 39:660–684

Terán, M. de, (1982), "La ciudad como forma de ocupación del suelo y de organización del espacio", *Pensamiento geográfico y espacio regional en España*, Varia Geográfica, Universidad Complutense de Madrid, España, pp. 187-199

Tornero, J. Pérez, A., Gómez, 2006. Ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportaciones recientes. *Cuadernos de geografía*. Valencia. España. pp. 147-182.

Tortora, G., Grabowski, S. (2002). Principios de Anatomía y Fisiología, Ed. Oxford, México.

Tikuisis, P., Ducharme, M. (1996). "The Effect of Postural Changes on Body Temperatures and Heat Balance" in Eur J Appl Physiol, 72, Springer-Verlag, pp. 451-459.

U

Universal Thermal Climate Index Organization. (2010). Towards a Universal Thermal Climate Index UTCI for Assessing the Thermal Environment of the Human Being. Memorandum of Understanding For the implementation of a European Concerted Research Action designated as COST Action 730

Urias, H. (2015). Diseño y ambiente térmico en espacios públicos exteriores, Mexicali B.C. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California.

V

Vanos, Jennifer & S Warland, Jon & J Gillespie, Terry & Kenny, Natasha. (2010). Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design. International journal of biometeorology. 54. 319-34. 10.1007/s00484-010-0301-9.

Vidal, R. 2007. Del medio ambiente al espacio urbano. Theoria, Universidad del Bio Bio. Chile.

Vargas, L., Gómez-Azpeitia, G. Gómez, A. (2014). La búsqueda del placer en ambientes térmicos contrastantes, como una característica de la adaptación psicológica. México. Universidad de Colima. Diálogos entre ciudad, patrimonio y medio ambiente, 336 pp. 219-226p.

Vargas, L., (2015). Percepción del ambiente térmico en espacios de transición de clima cálido seco. Universidad de Colima. Tesis.

W

- Wasserman K, Hansen J, Sue D, Casaburi R, Whipp B. (1999) Principles of exercise testing and interpretation. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 1999. p. 35-108.3.
- Weineck, J. (2001). Salud, ejercicio y deporte. Editorial Paidotribo. Barcelona, 2001. ISBN 9788480195058.
- Werner J. (2010). System properties, feedback control and effector coordination of human temperature regulation. Eur J Appl Physiol 109, 13–25
- Wilson TM, Tanaka H. (2000). Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: Relation to training status. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2000;278:H829-34.10.
- Wyss, C., Brengelmann, G., Johnson, J., Rowell, L., Niederberger, M. (1974). Control of skin blood flow, sweating, and heart rate: role of skin vs. core temperature. Journal of applied physiology. 36. 726-33. 10.1152/jappl.1974.36.6.726.

Y

- Yao, Y., Lian, Z., Liu, W., Shen, Q. (2007). Experimental Study on Skin Temperature and Thermal Comfort of the Human Body in a Recumbent Posture under Uniform Thermal Environments. Indoor and Built Environment - INDOOR BUILT ENVIRON. 16. 505-518. 10.1177/1420326X07084291.

Z

- Zhao L, Zhou X, Li L, He S, Chen R (2016) Study on outdoor thermal comfort on a campus in a subtropical urban area in summer. Sustainable Cities and Society 22:164-170. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.02.009>

Consulta de sobre la intensidad de la actividad física
http://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/es/

Consulta de sobre definición de bioclimatología

<http://webs.ucm.es/info/cif/book/claves.htm> (Universidad Complutense de Madrid) (2014)