



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO  
PROGRAMA EDUCATIVO DE ARQUITECTURA

## CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS EXTERIORES (Caso de estudio: Ciudad de Ensenada, Baja California)

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ARQUITECTO

QUE PRESENTA  
JESSICA YUKIE LÓPEZ CAÑEDO

Correo electrónico UABC: [jessica.lopez67@uabc.edu.mx](mailto:jessica.lopez67@uabc.edu.mx)  
Correo personal: [jessica.lopezc67@gmail.com](mailto:jessica.lopezc67@gmail.com)

Director de tesis: Dr. Arq. Julio César Rincón Martínez  
Identificador ORCID: [orcid.org/0000-0002-1946-3609](https://orcid.org/0000-0002-1946-3609)

Co-Director de tesis: Dr. Arq. Francisco Fernández Melchor  
Identificador ORCID: [orcid.org/0000-0003-1669-7327](https://orcid.org/0000-0003-1669-7327)

Ensenada, B.C., noviembre de 2020



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO  
PROGRAMA EDUCATIVO DE ARQUITECTURA

## CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS EXTERIORES (Caso de estudio: Ciudad de Ensenada, Baja California)

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ARQUITECTO

QUE PRESENTA

**JESSICA YUKIE LÓPEZ CAÑEDO**

Correo electrónico UABC: [jessica.lopez67@uabc.edu.mx](mailto:jessica.lopez67@uabc.edu.mx)

Correo personal: [jessica.lopezc67@gmail.com](mailto:jessica.lopezc67@gmail.com)

Director de tesis: Dr. Arq. Julio César Rincón Martínez  
ORCID: [orcid.org/0000-0002-1946-3609](https://orcid.org/0000-0002-1946-3609)

Co-Director de tesis: Dr. Arq. Francisco Fernández Melchor  
ORCID: [0000-0003-1669-7327](https://orcid.org/0000-0003-1669-7327)

Revisores de tesis: Karen Estrella Martínez Torres  
Gonzalo Bojórquez Morales  
Aníbal Luna León

Ensenada, B.C., noviembre de 2020



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS EXTERIORES**  
**(Caso de estudio: Ciudad de Ensenada, Baja California)**

**TESIS**


**PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**ARQUITECTO**

**PRESENTA:**

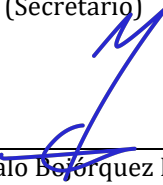
**JESSICA YUKIE LÓPEZ CAÑEDO**


**Aprobada por:**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Julio César Rincón Martínez  
Director  
(Presidente)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Francisco Fernández Melchor  
Codirector  
(Secretario)

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Karen Estrella Martínez Torres  
Sinodal  
(Vocal)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gonzalo Bojórquez Morales  
Sinodal  
(Vocal)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Aníbal Luna León  
Sinodal  
(Vocal)

Ensenada, B. C., diciembre de 2020



## DEDICATORIA

**A mi madre,**

Que ha confiado en mi y que me  
ha apoyado y motivado en todo momento  
para salir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre

**Llukier Cañedo López**

*por la educación que me ha dado, por su amor incondicional y por haberme forjado como la persona que soy.*

A mi pareja

**Erick R. Álvarez González**

*por todo el apoyo y motivación que me brindó para iniciar y concluir con este trabajo y por confiar en mí.*

A mi director de tesis

**Dr. Arq. Julio César Rincón Martínez**

*por la dedicación y disposición que tuvo para guiarme en esta investigación, por su apoyo y por ser un ejemplo a seguir.*

A mis revisores de tesis

**Dr. Francisco Fernández Melchor, Dra. Karen Estrella Martínez Torres, Dr. Gonzalo Bojórquez Morales y Dr. Aníbal Luna León**

*por tomarse el tiempo de revisar mi trabajo y enriquecerlo con sus observaciones.*

A ti **lector**

*por tomarte el tiempo para consultar este documento.*

## RESUMEN

El confort térmico en espacios exteriores es una de las características esenciales de la calidad del medio ambiente urbano, además de que la sensación térmica que una persona presenta en su entorno inmediato puede influir positiva o negativamente en su desempeño, así como en su bienestar y comodidad. Por ello, en el diseño de los espacios exteriores debe haber parámetros de confort térmico como respuesta a las condiciones climatológicas, en aras de promover el uso frecuente de estos espacios. Por lo anterior, el objetivo perseguido con este estudio fue estimar los rangos de confort térmico en espacios exteriores en la ciudad de Ensenada, Baja California, los cuales proporcionan indicadores térmicos para ser utilizados por los diseñadores, mediante la implementación de estrategias de diseño que propicien el confort térmico en los ambientes para el desarrollo de ciertas actividades al aire libre y, su vez, favorecer la permanencia de los usuarios. Hasta el momento, en la ciudad no se cuenta con estudios de confort térmico en exteriores, por lo que esta investigación será un aporte hacia la misma. Los estudios fueron llevados a cabo a partir del enfoque adaptativo en dos periodos: Septiembre y octubre de 2019 para el periodo cálido, y, enero y febrero de 2020 para el periodo frío, abarcando con ello los dos periodos térmicos extremos de un año típico. Las variables físicas que fueron registradas y correlacionadas con la Sensación Térmica percibida por los usuarios fueron la Temperatura de Bulbo Seco, la Temperatura de Globo Negro, la Humedad Relativa y la Velocidad de Viento, a partir de dos métodos estadísticos de correlación univariable utilizados con mayor frecuencia en los estudios de confort térmico: Correlación Lineal Simple y Medias por Intervalo de Sensación Térmica. Con el propósito de comparar los resultados estimados con ambos métodos, se realizó un análisis comparativo que permitió identificar la consistencia de cada uno respecto a las condiciones reales de evaluación. Los indicadores estimados con el segundo método, por variable física y periodo de estudio, resultaron más apropiados para las condiciones típicas presentadas en el sitio de estudio.

**Palabras clave:** Adaptación psicofisiológica, Correlación de datos, Confort térmico, Espacios exteriores, Sensación térmica.

## **ABSTRACT**

Thermal comfort outdoors is one of the essential characteristics of the urban environment's quality, in addition, to the fact that the thermal sensation that a person perceives in his immediate environment can positively or negatively influence his performance, as well as his well-being and comfort. Therefore, in the outdoors design there must be thermal comfort parameters in response to weather conditions, in order to promote the frequent use of those spaces. The objective main of this study was to estimate the thermal comfort outdoors ranges in Ensenada city, Baja California, which provide thermal indicators to be used by designers, through the implementation of design strategies that promote the thermal comfort in the environments for the development of outdoor activities and favors the prolongation of the user's stay. In the city there are no thermal comfort outdoors studies, so this research will be a contribution towards it. The studies were carried out from the adaptive approach in two periods: September and October, 2019 (warm period) and; January and February, 2020 (cold period), thus encompassing the two extreme thermal periods of a typical year in the city. The physical variables that were recorded and correlated with the Thermal Sensation perceived by the users were the Dry-Bulb Temperature, Black Globe Temperature, Relative Humidity and Wind Speed, from the two statistical methods: Simple Linear Regression and Averages by Thermal Sensation Interval. In order to compare the estimated values in both methods, a comparative analysis was carried out that will identify the consistency of each one with respect to the real evaluation conditions. The indicators estimated with the second method, by physical variable and study period, were more appropriate for the typical conditions of the study place.

**Keywords:** Adaptive approach, Data analysis, Thermal comfort outdoors, Psychophysiological adaptation, Thermal sensation.

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>3</b>
1.1. Problemática	3
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos	4
1.3.1. General	4
1.3.2. Específicos	5
1.4. Hipótesis	5
1.4.1. General	5
1.4.2. Específicos	5
1.5. Alcances	6
<b>Capítulo II. ANTECEDENTES</b>	<b>7</b>
2.1. Marco teórico	8
2.2. Normatividad	19
2.3. Estado del arte	21
<b>Capítulo III. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>24</b>
3.1. Definición del enfoque de estudio	25
3.2. Caso de estudio	25
3.2.1. Ubicación geográfica	26
3.2.2. Selección del caso de estudio	27
3.2.3. Caracterización de los espacios de estudio	28
3.3. Periodo de estudio	37
3.4. Diseño de la muestra	37
3.5. Variables e instrumentos	38
3.5.1. Variables físicas del ambiente térmico	39
3.5.2. Instrumentos de medición	39
3.6. Diseño del cuestionario	41
3.6.1. Consideraciones generales	41
3.6.2. Cuestionarios análogos	42
3.6.3. Elaboración del cuestionario	43
3.7. Metodología para la aplicación de las evaluaciones	47
3.7.1. Preparación del instrumental de medición y material complementario	47
3.7.2. Aplicación de evaluaciones	48

<b>Capítulo IV. PROCESAMIENTO DE DATOS</b>	<b>50</b>
4.1. Conformación de la base de datos	51
4.2. Preparación de la base de datos	52
4.2.1. Jerarquía ponderada	53
4.2.2. Omisión de categorías de Sensación Térmica no representativas	54
4.3. Métodos estadísticos univariantes de correlación de datos	54
4.3.1. Método de Regresión Lineal Simple	55
4.3.2. Medias por intervalo de sensación térmica	57
<b>Capítulo V RESULTADOS</b>	<b>60</b>
5.1. Correlación de datos en el periodo frío	61
5.1.1. Estimación de la Temperatura de Bulbo Seco a partir de la Sensación Térmica	62
5.1.2. Estimación de la Temperatura de Globo Negro a partir de la Sensación Térmica	66
5.1.3. Estimación de la Humedad Relativa a partir de la Sensación Térmica	69
5.1.4. Estimación de la Velocidad de Viento a partir de la Sensación Térmica	73
5.2. Correlación de datos en el periodo cálido	76
5.2.1. Estimación de la Temperatura de Bulbo Seco a partir de la Sensación Térmica	77
5.2.2. Estimación de la Temperatura de Globo Negro a partir de la Sensación Térmica	80
5.2.3. Estimación de la Humedad Relativa a partir de la Sensación Térmica	83
5.2.4. Estimación de la Velocidad de Viento a partir de la Sensación Térmica	86
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>98</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Antecedentes del tema de investigación. ....	8
Figura 2. Disciplinas relacionados con el estudio del confort térmico.....	9
Figura 3. Diferencias básicas entre los enfoques de estudios del confort térmico. ....	13
Figura 4. Variables que influyen en el proceso de percepción de la sensación térmica... 13	
Figura 5. Ecuación práctica del balance térmico. ....	16
Figura 6. Variables de la adaptación térmica.....	17
Figura 7. Parámetros del ambiente térmico. ....	18
Figura 8. Diseño de la investigación. ....	25
Figura 9. Ubicación geográfica de la ciudad de Ensenada, Baja California. ....	26
Figura 10. Ubicación del caso de estudio. ....	27
Figura 11. Planta de conjunto UABC, Campus Sauzal.....	29
Figura 12. Zona 1 - Facultad de Ciencias y Ciencias Marinas.....	29
Figura 13. Espacios en la zona 1 – Facultad de Ciencias y Ciencias Marinas.....	30
Figura 14. Zona 2 - Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño. ....	31
Figura 15. Espacios de la zona 2 - Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño.. ....	32
Figura 16. Zona 3 - Gestión escolar y esparcimiento. ....	33
Figura 17. Espacios de la zona 3 - Gestión escolar y esparcimiento. ....	34
Figura 18. Zona 4 – Transición. ....	35
Figura 19. Zona 5 - Malecón .....	36
Figura 20. Comparación entre la muestra diseñada y la muestra estudiada.....	38
Figura 21. Instrumentos de medición y alturas empleadas.....	39
Figura 22. Consideraciones en el proceso de elaboración del cuestionario.....	41
Figura 23. Secciones del cuestionario. ....	43
Figura 24. Representación gráfica de la ST y la PT utilizadas en el cuestionario. ....	45
Figura 25. Cuestionario diseñado para el estudio del confort térmico en exteriores. ....	46
Figura 26. Aplicación de cuestionarios. ....	49
Figura 27. Diseño de la investigación y la transición al procesamiento de datos. ....	51
Figura 28. Formato de captura de datos.....	52
Figura 29. Diagramas de dispersión resultantes de un análisis de la RLS.....	55
Figura 30. Gráfica de Regresión Lineal Simple. ....	56
Figura 31. Rangos de la desviación estándar para datos normalmente distribuidos.....	58

Figura 32. Diagrama general del procesamiento de datos a partir del método estadístico del MIST y su adaptación a esta investigación. ....	58
Figura 33. Análisis correlacional de la ST y la TBS a partir del MIST en el periodo frío (enero y febrero). ....	63
Figura 34. Análisis correlacional de la ST y la TBS a partir de la RLS en el periodo frío (enero y febrero). ....	65
Figura 35. Análisis correlacional de la ST y la TGN a partir del MIST en el periodo frío (enero y febrero). ....	67
Figura 36. Análisis correlacional de la ST y la TGN a partir de la RLS en el periodo frío (enero y febrero). ....	68
Figura 37. Análisis correlacional de la ST y la HR a partir del MIST en el periodo frío (enero y febrero). ....	70
Figura 38. Análisis correlacional de la ST y la HR a partir de la RLS en el periodo frío (enero y febrero). ....	72
Figura 39. Análisis correlacional de la ST y la VV a partir del MIST en el periodo frío (enero y febrero). ....	74
Figura 40. Análisis correlacional de la ST y la VV a partir de la RLS en el periodo frío (enero y febrero). ....	75
Figura 41. Análisis correlacional de la ST y la TBS a partir del MIST en el periodo cálido (septiembre y octubre). ....	78
Figura 42. Análisis correlacional de la ST y la TBS a partir de la RLS en el periodo cálido (septiembre y octubre). ....	79
Figura 43. Análisis correlacional de la ST y la TGN a partir del MIST en el periodo cálido (septiembre y octubre). ....	81
Figura 44. Análisis correlacional de la ST y la TGN a partir de la RLS en el periodo cálido (septiembre y octubre). ....	82
Figura 45. Análisis correlacional de la ST y la HR a partir del MIST en el periodo cálido (septiembre y octubre). ....	84
Figura 46. Análisis correlacional de la ST y la HR a partir de la RLS en el periodo cálido (septiembre y octubre). ....	86
Figura 47. Análisis correlacional de la ST y la VV a partir del MIST en el periodo cálido (septiembre y octubre). ....	87
Figura 48. Análisis correlacional de la ST y la VV a partir de la RLS en el periodo cálido (septiembre y octubre). ....	89
Figura 49. Gráfica comparativa de la correlación de la ST-TBS en el periodo frío y cálido a partir del MIST y la RLS. ....	92
Figura 50. Gráfica comparativa de la correlación de la ST-TGN en el periodo frío y cálido a partir del MIST y la RLS. ....	94

Figura 51. Gráfica comparativa de la correlación de la ST-HR en el periodo frío y cálido a partir del MIST y la RLS..... 95

Figura 52. Gráfica comparativa de la correlación de la ST-VV en el periodo frío y cálido a partir del MIST y la RLS..... 96

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escalas de sensación y de preferencia utilizadas en el cuestionario aplicado. ....	44
Tabla 2. Valores estimados con la correlación de la ST-TBS a partir del MIST y la RLS en el periodo frío. ....	65
Tabla 3. Valores estimados de la correlación de la ST-TGN con el MIST y la RLS en el periodo frío. ....	69
Tabla 4. Valores estimados de la correlación de la ST-HR con el MIST y la RLS en el periodo frío. ....	72
Tabla 5. Valores estimados de la correlación de la ST-VV con el MIST y la RLS en el periodo frío. ....	76
Tabla 6. Valores estimados con la correlación de la ST-TBS a partir del MIST y la RLS en el periodo cálido. ....	80
Tabla 7. Valores estimados con la correlación de la ST-TGN a partir del MIST y la RLS en el periodo cálido. ....	83
Tabla 8. Valores estimados con la correlación de la ST-HR a partir del MIST y la RLS en el periodo cálido. ....	85
Tabla 9. Valores estimados con la correlación de la ST-VV a partir del MIST y la RLS en el periodo cálido. ....	90
Tabla 10. Indicadores de confort térmico estimados a partir de la correlación de la ST con la TBS, la TGN, la HR y la VV, por periodo de estudio y por método estadístico. ....	91

## INTRODUCCIÓN

La sensación térmica que una persona presenta de su entorno inmediato, puede influir, positiva o negativamente, en el desempeño de sus actividades, su bienestar y su comodidad. La sensación térmica se determina por dos tipos de variables que influyen en la reacción del cuerpo humano, los factores endógenos, internos del individuo, y factores exógenos o externos del individuo. Lozano (2010), hace referencia a estas variables como ambientales y personales y se pueden describir de la siguiente manera:

- *Endógenas o Personales.* Aquellas que son específicas de cada individuo como la actividad metabólica, el nivel de arropamiento, la estatura, el peso, la edad, el género y el historial térmico, entre otros; y,
- *Variables Exógenas o Ambientales.* Aquellas completamente ajenas al individuo, entre ellas, las condiciones del ambiente (temperatura del ambiente o bulbo seco, la humedad relativa, la velocidad del viento) y las condiciones naturales y construidas del entorno, en términos generales.

El hombre requiere, en la mayoría de los casos, estar en un ambiente cómodo, un espacio en el cual se sienta en condiciones óptimas para desarrollar plenamente sus actividades. El confort térmico, en la norma ISO 7730 (2005), se define como «(...) esa condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico».

El hombre califica un ambiente térmico como confortable cuando ningún tipo de incomodidad térmica está presente (Chávez, 2002), por lo tanto, el confort térmico podría entenderse, como el punto intermedio entre la sensación de frío y la sensación de calor. La temperatura de las personas está definida, por un lado, por el calor metabólico que por sí mismo el cuerpo produce y, por otro, por las condiciones del ambiente térmico que influyen en la sensación del cuerpo. Por lo tanto, para encontrarse en confort térmico se requiere un equilibrio de energía entre el cuerpo humano y el entorno que lo rodea.

De acuerdo con Ashihara (1982), los espacios exteriores son aquellos que se crean al delimitar la naturaleza y generan un entorno exterior con un propósito específico. Cabe mencionar, que este tipo de espacios no se encuentran cubiertos por lo que solo se encuentran definidos por piso y muros.

El confort térmico para las personas que se encuentran en espacios exteriores es uno de los factores que influye en las actividades que realizan al aire libre como en calles, plazas, parques infantiles, parques urbanos, etc. La cantidad e intensidad de esas actividades se ve afectada por el nivel de incomodidad experimentado por los usuarios cuando se exponen a las condiciones climatológicas de esos espacios abiertos y, según Bojórquez (2010), el conocer las condiciones de confort térmico en exteriores, establece las bases para una correcta toma de decisiones en el diseño. Por lo que puede propiciar que los usuarios estén en un ambiente térmico apto para el desarrollo de sus actividades de manera adecuada.

Con base en lo anterior, lo que se aborda en este trabajo de investigación es el efecto de la temperatura del aire, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad de viento en el confort térmico de los usuarios en espacios exteriores en la ciudad de Ensenada, Baja

California, expresados a través de indicadores o rangos de confort térmico, a fin de que se pueda establecer una pauta de diseño en los espacios públicos.

El documento se conforma de seis capítulos. En el primero, se describe el planteamiento de la investigación, en la cual se desarrolla la problemática a atender con este trabajo, la cual permitió identificar la validez e importancia del estudio, se presenta la justificación, los objetivos, la hipótesis y los alcances del estudio de confort térmico en espacios exteriores.

El segundo capítulo trata sobre los antecedentes del confort térmico en espacios exteriores, haciendo referencia al marco teórico que integra los conceptos de interés del tema, la normativa aplicable, así como al estado del arte.

El tercer capítulo expone el diseño de la investigación, en la que se presenta el enfoque con el que se realizó este trabajo, así como la descripción de los espacios exteriores que fueron el caso de estudio; de la misma manera, se define el periodo en el que se llevaron a cabo las evaluaciones y se realizó el diseño de la muestra poblacional. En la aplicación de las evaluaciones se tomaron mediciones de las variables físicas del ambiente, por lo que se describen los instrumentos que fueron utilizados. Adicionalmente, se muestra la elaboración del cuestionario utilizado en el estudio. Por último, se presenta la metodología utilizada en la aplicación de los cuestionarios.

El cuarto capítulo detalla el procedimiento que se llevó a cabo para la conformación de la base de datos obtenidos, la preparación que se realizó para su limpieza y finalmente se describen los dos métodos estadísticos de correlación univariable de datos utilizados en el estudio.

El quinto capítulo presenta los resultados obtenidos por periodo de estudio y por método estadístico. Así mismo, se describen las condiciones térmicas particulares a partir de las cuales fueron aplicadas las evaluaciones, en cada caso. Adicionalmente, se muestra el análisis estadístico-fenomenológico de los valores resultantes.

Para finalizar el documento, se muestran las conclusiones específicas de los objetivos planteados para esta investigación, así como las conclusiones generales del estudio. Con ello, se espera cubrir la expectativa buscada con su lectura.

## **Capítulo I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

El planteamiento de la investigación se basa en formalizar la idea central de la investigación estableciendo en forma clara el problema, además de que permite identificar la validez e importancia del estudio que se pretende desarrollar, de la misma manera debe tener una justificación que demuestre la relevancia del tema, el cual se sustenta en una pregunta de investigación científica la cual deberá ser respondida a través del objetivo general y objetivos particulares. Lo anterior permite establecer una hipótesis además de los alcances y límites del estudio a desarrollar (Hernández, 2017).

### **1.1. Problemática**

En la ciudad de Ensenada, Baja California no se han presentado anteriormente estudios sobre el confort térmico en espacios exteriores que permitan proporcionar indicadores de confort térmico para que puedan ser utilizados al momento de tomar decisiones al hacer propuestas de espacios abiertos. Si bien es cierto, existen investigaciones como el “Manual de diseño pasivo para el arquitecto: Un reflejo del análisis climático y bioclimático de Ensenada, Baja California” (Huerta, 2018), que se han realizado para la adecuación de espacios interiores únicamente.

Las condiciones climatológicas de una localidad condicionan la forma de vida de sus habitantes, tanto en espacios interiores como en exteriores. Ya que las condiciones de confort térmico en espacios interiores, que de alguna manera, pueden ser controladas, se han realizado más estudios al respecto. En el diseño de los espacios exteriores, al igual

que en los interiores, debe haber parámetros de confort térmico, como respuesta a las condiciones climatológicas.

## **1.2. Justificación**

Expresa Hernández (2017), que es necesario justificar el estudio mediante la exposición de sus razones, o bien, cuál es el fin del mismo ya que el propósito del estudio debe ser lo suficientemente significativo para que se justifique su realización.

En los espacios exteriores se realizan actividades desde la transición de los mismos hasta puntos de encuentro de convivencia social, además de actividades como descanso, relajación, estudio o lectura y actividades deportivas, entre otras, logrando una realización y un desarrollo social en los individuos que conforman una familia y que, a su vez, forman parte de un contexto cultural y conforme a Bojórquez (2010), el sentido de pertenencia social del espacio público exterior da al habitante una identidad social con el que se apropia del espacio abierto. Es por este motivo que los espacios exteriores reúnen condiciones culturales y sociales que demuestran el interés por una convivencia y recreación en ellos.

Tomando en cuenta lo anterior, el enfoque principal de este estudio es estimar rangos de confort térmico en espacios exteriores en la ciudad de Ensenada, Baja California. Los aportes que este estudio representa son:

- Indicadores térmicos para el diseño de espacios públicos y que éstos sean confortables y óptimos para desarrollar ciertas actividades ya que, Móndeolo y otros (2001), afirman que un ambiente térmico inadecuado genera reducciones en el rendimiento físico y mental, baja productividad, irritabilidad, agresividad, discomfort, además del aumento o disminución de su frecuencia cardiaca.
- Permitirle al usuario el habitar no sólo la envolvente arquitectónica, sino el extenderse hacia una zona externa para la convivencia, recreación, meditación o contemplación teniendo un contacto directo con el exterior.
- Este estudio también podría servir para comparar las diferencias entre lo que representa la sensación térmica en espacios interiores con la de espacios exteriores ya que no son las mismas condiciones presentadas en cada situación.
- Contar con información que permita al diseñador prolongar los tiempos de permanencia de los usuarios en los espacios exteriores, mediante la implementación de estrategias de diseño que propicien el aumentar las horas de confort térmico en los ambientes donde se desarrollan las actividades al aire libre.
- Identificar en general las condiciones de temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad de viento que los usuarios consideran confortables.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. General**

Estimar rangos de confort térmico para espacios exteriores en la ciudad de Ensenada, Baja California, durante los periodos térmicos extremos de un año típico, con el fin de ofrecer indicadores que permitan la adecuada toma de decisiones en el diseño de espacios

abiertos; a partir de la aplicación de cuestionarios y la medición simultánea de las variables físicas del entorno, tales como la temperatura del globo negro, temperatura de bulbo seco, la humedad relativa y la velocidad del viento, que influyen en la sensación térmica de las personas.

### **1.3.2. Específicos**

1. Identificar los periodos térmicos extremos de un año típico en Ensenada, Baja California.
2. Definir los espacios de uso público en los que se aplicará el estudio.
3. Diseñar el instrumento (cuestionario) para recabar la información requerida de la percepción térmica del usuario en espacios exteriores.
4. Monitorear las variables físicas del ambiente, durante las evaluaciones, que influyen en la percepción térmica del ambiente.
5. Estimar el rango de confort térmico del usuario para espacios exteriores, a partir de dos métodos estadísticos de correlación.
6. Comparar, a partir de dos métodos estadísticos de correlación, los valores de confort estimados para cada variable analizada.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. General**

Los indicadores de confort térmico en espacios exteriores estimados en un año típico de la ciudad de Ensenada contemplan las variables climatológicas en el sitio y la sensación térmica de las personas, sirven por lo tanto como guía para proponer estrategias y técnicas que facilitan la adaptación del hombre al medio ambiente al estar en el exterior y que estos espacios reúnan las condiciones adecuadas para realizar actividades de tipo cultural, recreacional y deportivo.

### **1.4.2. Específicos**

1. Los periodos térmicos extremos en Ensenada son: El frío correspondiente a los meses de diciembre y enero, y el cálido en los meses de agosto y septiembre.
2. La Universidad Autónoma de Baja California, unidad Sauzal, cuenta con las condiciones adecuadas para realizar la investigación ya que tiene áreas exteriores de uso público que pueden identificarse como áreas de recreación, explanadas, plazas y malecón, predominantes en la ciudad de Ensenada.
3. El instrumento utilizado se basó en el cuestionario estándar ANSI/ASHRAE 55 y los datos a recabar son: datos de control, información del participante, información del espacio de evaluación, sensación de ambiente exterior y preferencias del ambiente exterior.
4. Las variables permiten conocer las condiciones de exposición en las que los sujetos son evaluados.
5. Los rangos térmicos obtenidos derivan de las condiciones de adaptación de la muestra estudiada y permiten contar con las condiciones térmicas en las cuales se advierte un mejor desempeño de los usuarios en espacios exteriores.

## 1.5. Alcances

Los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación entre dos o más variables en una muestra o contexto particular (Hernández, 2017).

Los alcances de esta investigación fueron delimitados por lo siguiente:

- El estudio del confort a partir de la sensación térmica percibida por el sujeto de estudio.
- La investigación se desarrolló desde un enfoque adaptativo por medio de un estudio de correlacional, con base en las variables endógenas del usuario y las variables físicas del ambiente.
- Las variables físicas del ambiente térmico analizadas (con apoyo de equipos de medición proporcionados), de acuerdo al efecto significativo que ejercen sobre la sensación térmica de los sujetos, fueron: La temperatura de bulbo seco, la temperatura de globo negro, la humedad relativa y la velocidad de viento.
- Las variables endógenas del usuario contempladas en el estudio fueron: La edad, el género, grado de actividad desarrollada, nivel de arropamiento y sensación térmica percibida.
- Los periodos climáticos de estudio fueron determinados con base en las condiciones higrotérmicas extremas de un año típico (periodos frío y cálido), en un bioclima templado seco.
- El caso de estudio fueron los espacios exteriores de la Universidad Autónoma de Baja California, campus Sauzal en la ciudad de Ensenada, Baja California.
- La población blanco de análisis fueron las personas encontradas en la institución durante los periodos de evaluación; entre otros, estudiantes, personal administrativo, personal académico, personal de intendencia y visitantes.
- Los horarios en que se desarrollaron las evaluaciones fueron, en correspondencia con los momentos higrotérmicos extremos de un día típico, en los siguientes horarios: Turno matutino (08 h 00 a 11 h 00) y turno vespertino (14 h 00 a 17 h 00).
- El personal de apoyo para el desarrollo del estudio fue un grupo de estudiantes que se encontraban realizando su servicio social, los cuales se turnaron diariamente en cuadrillas de trabajo de dos o tres personas para realizar las actividades correspondientes con el levantamiento de encuestas. No se contó con personal especializado en el tema para desarrollar el estudio.

## **Capítulo II. ANTECEDENTES**

Para profundizar en un tema es necesario revisar estudios, investigaciones y trabajos anteriores y de acuerdo con Hernández (2017), conocer lo que se ha hecho respecto de una idea ayuda, por una parte, a no investigar sobre algún tema que ya se haya estudiado a fondo, ya que una buena investigación debe ser novedosa, y, por otra parte, a estructurar más formalmente la idea de la investigación y seleccionar la perspectiva principal desde la cual será abordado el tema de investigación.

Para el sustento teórico del confort térmico en espacios exteriores, se realizó un análisis bibliográfico, situando el problema de investigación dentro del conjunto de definiciones, así como la integración de la información de los antecedentes del tema de investigación, ya que cuanto mejor se conozca el tema, el proceso de afinar el estudio será más eficiente, de igual manera se realiza la exploración del estado del arte y la normatividad con relación al tema elegido con el fin de orientar la investigación, establecer criterios y darle confiabilidad a la metodología realiza (Ruth, Boniolo, Dalle, & Elbert, 2005), de esta manera, en este apartado se presenta el análisis del marco teórico que integra los conceptos de interés con el tema, el estado del arte con el fin de conocer las investigaciones sobre el confort térmico en exteriores que ya fueron llevabas a cabo y la normatividad consultada, tal como lo muestra la Figura 1.

ANTECEDENTES		
Marco teórico	Normatividad	Estado del arte
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confort térmico.</li> <li>• Confort térmico en exteriores.</li> <li>• Disciplinas que estudian el confort térmico.</li> <li>• Caracterización climática de Ensenada.</li> <li>• Enfoques del estudio del confort térmico.</li> <li>• Sensación térmica percibida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 10551 (2002).</li> <li>• ISO 7726 (1998).</li> <li>• ISO 8996 (2004).</li> <li>• ISO 9920 (2007).</li> <li>• NOM-015-STPS-2001.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de confort en exteriores (Noguchi).</li> <li>• Temperatura neutral para exteriores (TNE).</li> <li>• Temperatura de confort en exteriores (Saaroni-TelAviv).</li> <li>• Temperatura de confort en exteriores de Feller-Kibbutz.</li> <li>• Temperatura de confort en exteriores de Pochter-Kibbutz.</li> <li>• Voto de sensación actual (ASV-RUROS).</li> <li>• Confort térmico en exteriores: actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo.</li> <li>• Confort térmico en los espacios públicos urbanos, clima cálido v frío semi-seco.</li> </ul>

Figura 1. Antecedentes del tema de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.1. Marco teórico

**El confort térmico** es: “Aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico y es determinada por evaluaciones subjetivas” (ASHRAE, 2017). Con evaluaciones subjetivas se refiere a que la percepción del confort térmico está influenciado por diferentes factores como lo son las condiciones climáticas a través de los parámetros de la temperatura del aire, de la humedad, de la velocidad del viento y de la radiación solar, como también por las características del cuerpo humano, tales como el género, la edad, la vestimenta, entre otros y los parámetros psicológicos, es por esta razón que Nikolopoulou (2004), define el confort térmico como “la satisfacción psicofisiológica del humano con respecto a las condiciones climáticas del entorno”.

El hombre califica un ambiente térmico como confortable cuando ningún tipo de incomodidad térmica está presente (Chávez, 2002), por lo tanto, el confort térmico podría entenderse, como el punto intermedio entre la sensación de frío y la sensación de calor. La temperatura de las personas está definida, por un lado, por el calor metabólico que por sí mismo el cuerpo produce y, por otro, por las condiciones del ambiente térmico que influyen en la sensación del cuerpo. Por lo tanto, para tener un confort térmico se requiere un equilibrio de energía entre el cuerpo humano y el entorno que lo rodea.

**El confort térmico en espacios exteriores** tales como plazas, parques, explanadas, malecones, etc., el confort térmico es uno de los factores que influyen en el adecuado desarrollo de actividades. Guzmán y Ochoa (2014) afirman que la cantidad e intensidad de las actividades realizadas en espacios abiertos se ve afectada por el nivel de incomodidad experimentado por los usuarios cuando se exponen a las condiciones climatológicas del exterior. Básicamente el hombre califica un ambiente confortable, si ningún tipo de incomodidad térmica está presente (Chávez, 2002), por lo tanto una condicionante del

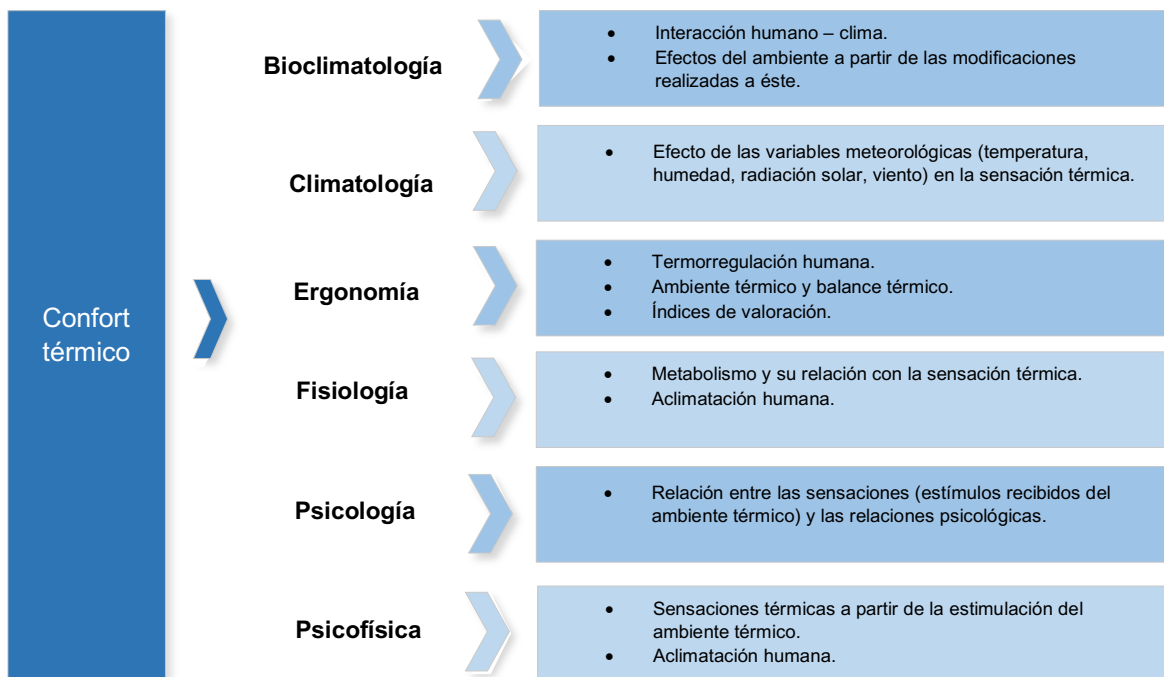
confort es la neutralidad térmica, teniendo un punto intermedio entre el frío y el calor y según Bojórquez (2010):

“el conocer las condiciones de confort térmico en exteriores, establece las bases para una correcta toma de decisiones en el diseño de espacios, lo que puede propiciar que los usuarios estén en un ambiente térmico apto para el desarrollo de sus actividades de manera adecuada”.

El confort térmico, para las personas que se encuentran en espacios exteriores, es uno de los factores que influye en las actividades que realizan al aire libre. La cantidad e intensidad de esas actividades se ve afectada por el nivel de incomodidad experimentado por los usuarios cuando se exponen a las condiciones climatológicas de esos espacios abiertos.

### Disciplinas que estudian el confort térmico

Las disciplinas relacionadas, entre otras, con el estudio del confort térmico son las siguientes: Bioclimatología, Climatología, Ergonomía, Fisiología, Psicología, Psicofísica y Arquitectura. La manera en cómo cada una de ellas interactúan con el confort térmico se describe en la Figura 2. Tomando en cuenta que se determinarán las variables físicas del ambiente durante las evaluaciones en campo para conocer la sensación térmica del usuario en espacios exteriores y estimar rangos de confort térmico, se integrarán a este análisis los conceptos más detallados de aquellas disciplinas que sirven de sustento en el estudio realizado en esta investigación, tales como la Climatología, la Fisiología y la Psicología.



**Figura 2.** Disciplinas relacionados con el estudio del confort térmico.  
**Fuente:** Elaboración propia con base en Bojórquez (2010).

- **Climatología:** Es una parte de la Meteorología que estudia el clima, las variables meteorológicas, las condiciones medias y extremas durante largos periodos de tiempo, en un lugar determinado. Dado a que el objetivo principal de la Bioclimatología es la interacción del clima con el ser humano, y que la Climatología estudia en particular el clima, ambas se encuentran relacionadas.

Ya que las variables meteorológicas que definen el clima en un lugar, tales como la temperatura, la humedad, la radiación solar, el viento y las precipitaciones, afectan a la sensación térmica en las personas, la Climatología se vuelve de gran importancia en las investigaciones del confort térmico, como lo es en este caso.

- **Fisiología:** Se basa en el estudio los procesos físicos y químicos que tienen lugar en los organismos vivos durante la realización de sus funciones vitales (Tresguerres, 2005). Entre sus áreas de interés están: la reproducción, el crecimiento, el metabolismo, la respiración, la excitación y la contracción, en cuanto que se llevan a cabo dentro de las estructuras de las células, los tejidos, los órganos y los sistemas orgánicos del cuerpo.

La Fisiología está relacionada con la Anatomía, se reconocen tres divisiones:

- 1) Fisiología general, relacionada con todos los procesos básicos que son comunes a todas las formas vivas.
- 2) Fisiología y anatomía funcional de los seres humanos y de otros animales, se incluyen la patología y los estudios comparativos.
- 3) Fisiología vegetal, que considera la fotosíntesis y otros procesos de la vida de las plantas.

La relación que guarda la Fisiología con el confort térmico es el metabolismo y los cambios generados por la relación entre la sensación térmica percibida y los procesos físicos y químicos del organismo, dentro de un determinado ambiente térmico, además de la aclimatación.

- **Psicología:** Estudia la conducta y la experiencia, de cómo los seres humanos y los animales sienten, piensan, aprenden y conocen para adaptarse al medio que les rodea. Dentro de la psicología moderna se han elaborado teorías para ayudar a conocer y explicar el comportamiento de los seres humanos y en algunas ocasiones incluso a predecir sus acciones (Myers, 2005).

Desde la perspectiva psicología fisiológica, se estudia la relación entre las sensaciones y reacciones psicológicas y los estímulos recibidos del ambiente térmico, es por esta razón que tiene relación con el confort térmico.

### **Caracterización climática de la ciudad de Ensenada**

El confort térmico para espacios exteriores en Ensenada, Baja California es el tema principal que se presenta en esta investigación, para esto es necesario conocer las variables climatológicas específicas de la ciudad, tales como: Temperatura del aire, temperatura radiante, humedad relativa y velocidad del viento, en los periodos térmicos extremos de un año típico en la ciudad: Frío (enero) y cálido (agosto).

En Ensenada, los veranos son cortos, calientes y áridos; los inviernos son largos y frescos. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 10 °C a 30 °C y rara

vez baja a menos de 6 °C o sube a más de 33 °C. Basado en un análisis estadístico de informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016, Cedar Lake Ventures (2018) obtuvo los siguientes datos:

- **Temperatura del aire:** La temporada calurosa dura 2,9 meses, del 28 de junio al 26 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 28 °C.

La temporada fresca dura 4,6 meses, del 26 de noviembre al 12 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 22 °C.

- **Temperatura radiante:** El período más resplandeciente del año dura 3,6 meses, del 22 de abril al 10 de agosto, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a 7,4 kWh. El día más resplandeciente del año es el 17 de junio, con un promedio de 8,5 kWh.

El periodo más oscuro del año dura 3,1 meses, del 6 de noviembre al 11 de febrero, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de 4,3 kWh. El día más oscuro del año es el 22 de diciembre, con un promedio de 3,3 kWh.

- **Humedad relativa:** El período más húmedo del año dura 3,0 meses, del 2 de julio al 2 de octubre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 4 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 22 de agosto, con humedad el 16 % del tiempo.

El día menos húmedo del año es el 30 de marzo cuando básicamente no hay condiciones húmedas.

- **Velocidad del viento:** La parte más ventosa del año dura 7,0 meses, del 10 de noviembre al 11 de junio, con velocidades promedio del viento de más de 10,8 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 11 de abril, con una velocidad promedio del viento de 12,7 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 5,0 meses, del 11 de junio al 10 de noviembre. El día más calmado del año es el 23 de agosto, con una velocidad promedio del viento de 8,9 kilómetros por hora.

### **Enfoques del estudio del confort térmico**

Chávez (2002) afirma que son dos las condiciones que deben cumplirse para mantener el confort térmico:

- 1) Que la combinación instantánea de temperatura de la piel y la temperatura del centro del cuerpo proporcione una sensación de neutralidad térmica y,
- 2) Que el calor producido por el metabolismo debe ser igual a la cantidad de calor perdida por el cuerpo.

El estudio de confort térmico en el que está basado este trabajo de investigación es la relación entre el ser humano y el ambiente exterior en el que se desenvuelve. Según Humphreys y Nicol (1998) para los estudios de confort térmico se utilizan dos enfoques:

- **Enfoque de predicción:** Se trabajan datos de laboratorio, con condiciones de prueba controladas. El individuo se estudia aislado de su hábitat y se toman en cuenta las reacciones fisiológicas (aclimatación) voluntarias e involuntarias para alcanzar el confort

térmico. Se considera al humano como receptor pasivo en espera del balance energético. Los modelos de este enfoque tienen un nivel de análisis fisiológico.

El enfoque predictivo del confort térmico también es conocido como enfoque cuantitativo y basándose en Critchfield (1974), su modelo conceptual establece que la explicación operativa del confort se reduce a un estado de equilibrio o balance entre las cargas térmicas del cuerpo humano y el ambiente en el que se encuentra, a partir del proceso químico del metabolismo y el proceso fisiológico de termorregulación como resultado de los elementos externos del clima.

Menciona Rincón (2015), que el nivel de análisis del enfoque predictivo es llevado a cabo con base en el conjunto de reacciones fisiológicas que exhibe el cuerpo humano como respuesta a las condiciones físicas del ambiente térmico. De esta manera no hay adaptación, por lo tanto la reacción del el individuo solo es fisiológica a partir de los mecanismos de termorregulación humana.

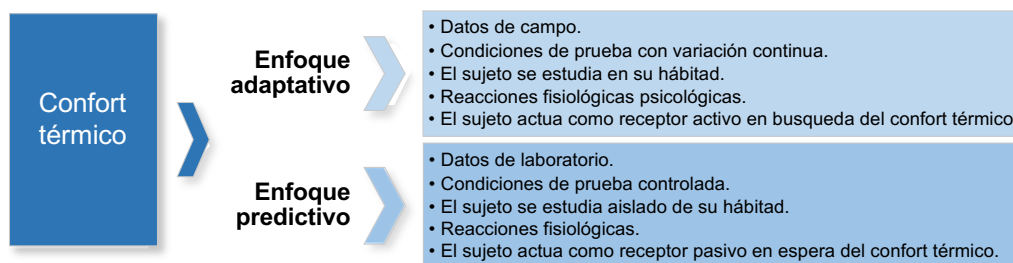
- **Enfoque de adaptación:** Se trabajan datos de campo, las condiciones de prueba tienen variación continua y el individuo se estudia en su hábitat. Se toman en cuenta reacciones fisiológicas (aclimatación) y psicológicas (expectativa, experiencia, conducta). Se considera al humano como receptor activo en busca del confort térmico. Los modelos de este enfoque tienen niveles de análisis fisiológico y psicológico.

Los resultados de este enfoque varían según su localidad, su estado sociocultural y de persona a persona y de acuerdo con Brager y de Dear (2003), el enfoque adaptativo implica sistemas complejos en los que interactúan variables físicas y biológicas, las cuales pueden ser medidas tales como el clima, el metabolismo y el aislamiento térmico, así como psicológicas como la adaptación, la tolerancia, la experiencia y la expectativa del individuo.

Este enfoque establece según Humphreys y Nicol (1998), que los individuos no son receptores pasivos de estímulos sensoriales, sino que son activos en la búsqueda del equilibrio dinámico que existe entre el cuerpo humano y el ambiente que lo rodea. Las variables que afectan al confort térmico en este proceso de equilibrio 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 por lo que acuerdo con Rincón (2015), 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.

Se puede entender entonces que en el enfoque predictivo considera a todos los seres humanos iguales desde el punto de vista biológico, físico y químico, por lo que sugiere que los mecanismos de sensación de confort de todos los seres humanos son iguales y de una manera independiente de las condiciones del ambiente térmico en que se desenvuelve el individuo a diferencia del enfoque adaptativo en el que se considera el efecto de la temperatura del aire, la radiación solar, la velocidad del viento y la humedad relativa así como la reacción fisiológica y psicológicas del individuo en su contexto inmediato.

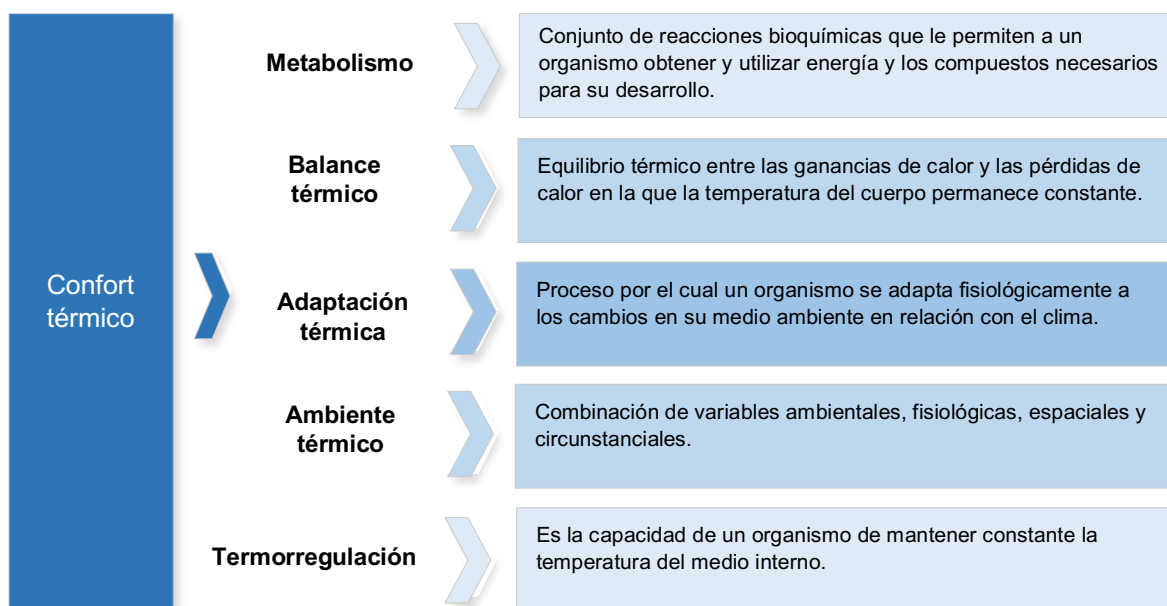
Con lo anterior, se muestran en el siguiente esquema (Figura 3) las diferencias básicas entre los enfoques del estudio del confort térmico, de acuerdo con Humphreys y Nicol (1998).



**Figura 3.** Diferencias básicas entre los enfoques de estudios del confort térmico.  
**Fuente:** Elaboración propia con base en Humpreys y Nicol (1998).

### Sensación térmica percibida

La sensación de bienestar o malestar térmico en los seres humanos, de acuerdo con Portela, Guevara y León (2000), además de las variables meteorológicas, depende de la edad, el género, el estado físico y emocional, la vestimenta y de la cantidad y tipo de alimentos ingeridos por el individuo, entre otros factores, por lo que Bojórquez (2010), menciona que la sensación térmica percibida es analizada en función del Metabolismo, el Balance Térmico, la Adaptación Térmica, el Ambiente Térmico y la Termorregulación. Estos factores deben ser considerados al crear o evaluar un ambiente térmicamente confortable. En la Figura 4 se presenta un esquema de las variables de estos aspectos.



**Figura 4.** Variables que influyen en el proceso de percepción de la sensación térmica.  
**Fuente:** Elaboración propia con base en Bojórquez (1998).

Se entiende entonces, que la percepción térmica es un fenómeno que no solo incluye factores del entorno, ya sea interior o exterior, sino que depende a su vez del sujeto que percibe estos parámetros y de su relación física y psicológica con el ambiente, ya que de acuerdo con Chávez (2002), la percepción del entorno físico la realiza el ser humano y lo hace de una manera integral, realizando una evaluación de todos los estímulos percibidos en el momento, es por esta razón que se requiere evaluar integralmente los estímulos físicos, las condiciones, las necesidades y las preferencias del ocupante del espacio.

Con base en lo anterior, el objetivo de este apartado es presentar un análisis teórico de cada uno de los conceptos que intervienen en el proceso de percepción de la sensación térmica.

**A. Metabolismo:** Es el efecto del conjunto de las reacciones químicas que se producen en las células del organismo (Fanger, 1972). Tortora y Grabowski (2002), lo definen como un proceso por el que se establece equilibrio de energía entre las reacciones catabólicas, las cuales se refiere a la descomposición de moléculas orgánicas complejas en otras más sencillas (producen más energía de la que consumen), y, las reacciones anabólicas, aquellas que, por otra parte, se basan en la combinación de moléculas simples para formar elementos complejos estructurales y funcionales (consumen más energía de la que generan).

El metabolismo genera una carga interna que modifica la temperatura del cuerpo debido a los procesos químicos que ocurren con la transformación de alimentos a energía y con las actividades que se desarrollan (Rincón, 2015) lo que influye en la termorregulación y la sensación térmica percibida.

El metabolismo tiene dos componentes, según Chávez (2002): El metabolismo basal y el muscular, el primero se basa en las reacciones químicas realizadas en el organismo para mantener la actividad fisiológica básica que permite mantener las funciones vitales y varía dependiendo de la edad, el sexo y la complexión física del individuo. Por otra parte, el metabolismo muscular depende de la actividad que se realiza, o bien, del esfuerzo muscular.

El proceso metabólico convierte energía química en calor en la medida que el cuerpo lo necesita para funcionar, menciona Bojórquez (2010), por lo tanto el balance interno de calor, se puede decir que se establece entre la diferencia del metabolismo y el trabajo externo. En relación con lo antes mencionado y de acuerdo con Chávez (2002):

“Si un sujeto produce más calor del que necesita y del que pierde hacia el ambiente, tenderá a percibir la sensación del calor y si por el contrario produce menos calor del que necesita el organismo y del que pierde tenderá a percibir la sensación de frío.”

**B. Balance térmico humano:** Es definido por Critchfield (1974), como la pérdida o ganancia de energía del cuerpo humano dado los procesos químicos del metabolismo y del fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima, además del intercambio térmico entre la persona y el espacio donde realiza sus actividades, por lo tanto se puede entender que, una persona emite calor hacia el medio y, a su vez, recibe calor emitido por el entorno o de otros cuerpos.

Para que haya una sensación térmica de confort, el balance térmico debe tener un valor de 0. Si las condiciones del entorno generan pérdidas de temperatura en el ser humano, se

considera como una sensación térmica de frío, o si de lo contrario, se generará ganancia de temperatura, resultaría una sensación térmica de calor.

En el libro *Ergonomía 2 Confort y estrés térmico* (Mondelo, Gregori, Comas, Castejón & Bartolomé, 2005), los autores describen los medios por los cuales el ser humano gana o pierde calor:

Las personas ganan calor por las siguientes vías:

- 1) Por su metabolismo (M), determinado por su metabolismo basal y la actividad que realice.
- 2) Por radiación de calor (R), que recibe de los cuerpos de su entorno.
- 3) Por convección (C), al recibir calor del aire o agua que está en contacto con él.
- 4) Por la respiración (Res), al inspirar aire caliente cuya temperatura esté por encima de su temperatura corporal.
- 5) Por conducción (K), al recibir calor de los cuerpos sólidos que están en contacto directo con él.

A su vez, las personas pierden calor por las siguientes vías:

- 1) Por radiación de calor (R), que emite los cuerpos de su entorno.
- 2) Por convección (C), al entregar calor al aire que está en contacto con él.
- 3) Por respiración (Res), al respirar aire que está en contacto con él.
- 4) Por trabajo externo (W), al realizar una actividad con un trabajo extremo positivo.
- 5) Por evaporación del sudor (E), al entregarle calor al sudor para que éste pueda evaporarse.
- 6) Por conducción (Cd), al entregar calor a los cuerpos sólidos que están en contacto directo con él.

En la práctica se pueden desprestigiar los intercambios por respiración y por conducción y, salvo determinadas situaciones, el trabajo extremo, teniendo en cuenta que en la mayor parte de las actividades su valor es bajo o nulo. De manera que la ecuación de balance térmico quedaría: (ec. 1)

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

Dónde:

- 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<sub>res</sub>: Intercambio de calor por convección respiratoria  
E<sub>res</sub>: Intercambio de calor por evaporación respiratoria  
E<sub>d</sub>: Pérdida de calor por difusión del vapor  
C<sub>cond</sub>: Intercambio de calor por conducción  
C<sub>cond.clo</sub>: Conducción a través del vestido  
A: Ganancia o pérdida de calor por el cuerpo

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

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

El término de conducción,  $C_{cond}$ , normalmente es insignificante comparado con el intercambio térmico total, por otro lado, sí es importante en la influencia del intercambio térmico a través del contacto de la ropa  $C_{cond.clo}$ .

La situación de equilibrio térmico se alcanza cuando el calor acumulado,  $A$ , es nulo. De esa manera se puede escribir también la ecuación considerando lo siguiente: (ec. 2)

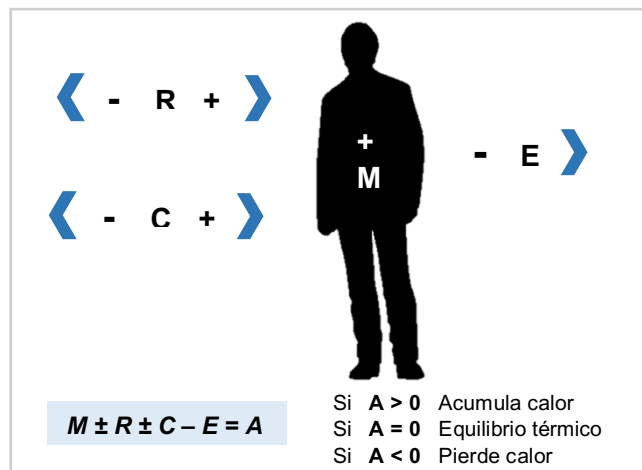
$$A \text{ y } C_{cond} = 0$$

Como:

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

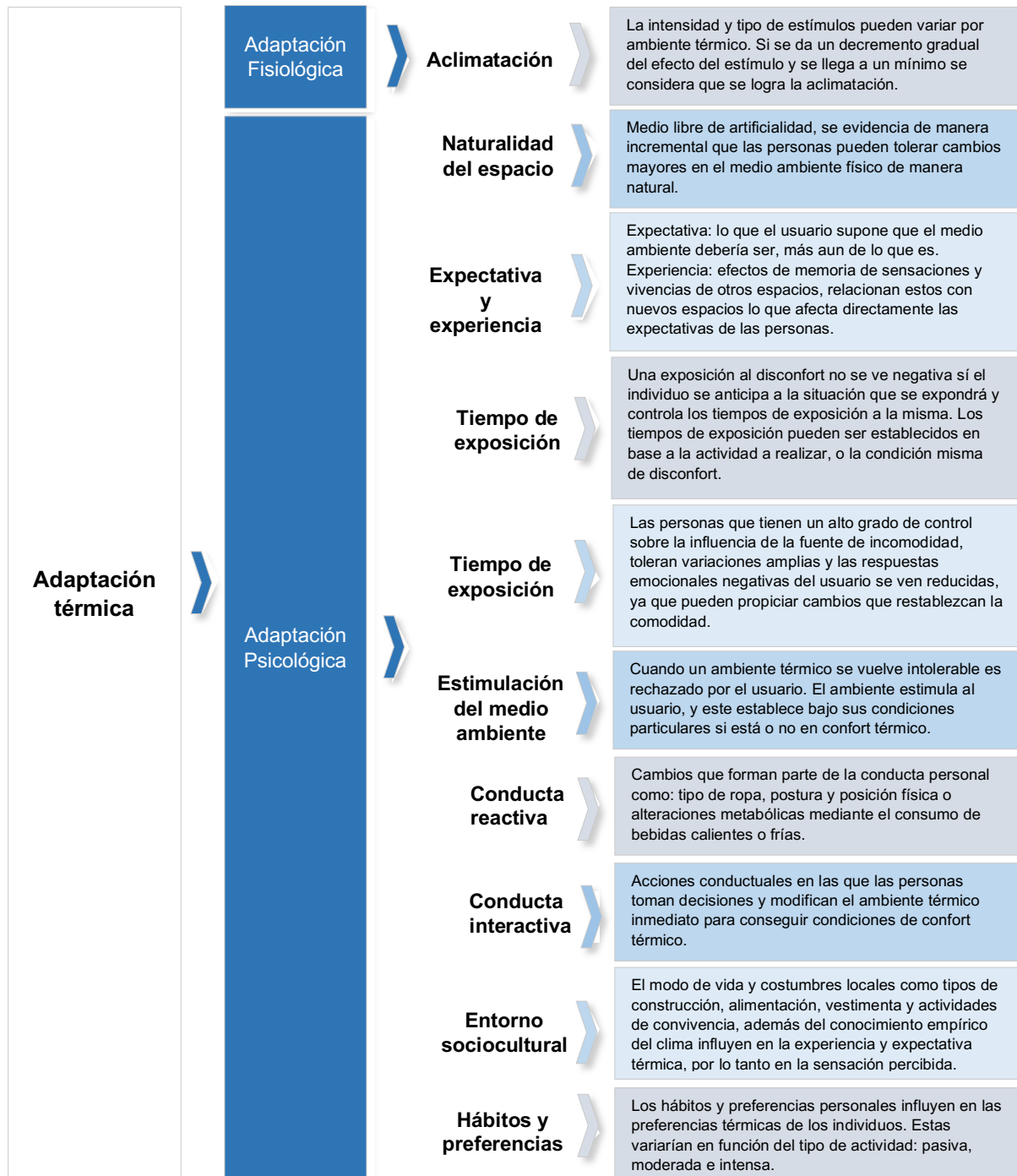
En los trabajos prácticos este intercambio de calor se produce por cuatro vías, teniendo así una ecuación práctica del balance térmico, como se muestra en la Figura 5.

Cabe mencionar, que según Blażejczyk y Krawczyk (1991), el balance energético en espacios exteriores entre el cuerpo humano y el ambiente térmico depende del clima y el confort térmico percibido.



**Figura 5.** Ecuación práctica del balance térmico.  
**Fuente:** Elaboración propia con base en Mondelo y otros (2005).

**C. Adaptación térmica:** La percepción del usuario según su grado de adaptación térmica, además de las variables que influyen en el entorno, es lo que genera la sensación de confort térmico. Nikolopoulou y Steemers (2003), describe a la adaptación térmica como: “el decremento gradual de respuesta del organismo a repetidas exposiciones a estímulos que se reciben de un medio ambiente específico”. La adaptación se divide en fisiológica y psicológica, los componentes de esta clasificación se presentan en la Figura 6.



**Figura 6.** Variables de la adaptación térmica.

**Fuente:** Elaboración propia con base en Nikolopoulou y Steemers (2003).

Se entiende, por lo mencionado anteriormente, que los hábitos y preferencias personales influyen de gran manera en la adaptación térmica de los individuos y que además varían en función del tipo de actividad que se realice.

**D. Ambiente térmico:** Está conformado por parámetros de tipo meteorológico, fisiológico, del espacio arquitectónico o natural, y circunstanciales (Szokolay, 2003), los cuales influyen en la termorregulación humana y la sensación térmica percibida, por lo tanto es necesario analizar los factores que integran el ambiente térmico (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire), los parámetros térmicos del ser humano (temperatura del cuerpo y metabolismo) y la vestimenta (ver Figura 7).

En términos generales, podemos entender que para que una persona califique un ambiente térmico confortable, ningún tipo de incomodidad térmica debe estar presente, y como menciona Chávez (2002), la primera condición de confort es la neutralidad térmica, lo que significa que el individuo no siente ni calor ni frío.

<b>Parámetros meteorológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiación infrarroja.</li> <li>• Radiación solar.</li> <li>• Velocidad de viento.</li> <li>• Temperatura del aire.</li> <li>• Humedad relativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales constructivos o naturales.</li> <li>• Adecuación al clima.</li> <li>• Colores.</li> <li>• Texturas.</li> <li>• Vegetación.</li> <li>• Climatización artificial.</li> <li>• Ventilación o vientos.</li> </ul>	<b>Parámetros del espacio arquitectónico o natural</b>
<b>Ambiente térmico</b>			
<b>Parámetros circunstanciales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vestimenta</li> <li>• Aclimatación</li> <li>• Tiempo de permanencia en el espacio</li> <li>• Ingesta</li> <li>• Estado de salud</li> <li>• Actividad relación metabólica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Género.</li> <li>• Complejión física.</li> <li>• Peso y estatura.</li> <li>• Área de piel, volumen e índice de masa corporal.</li> <li>• Metabolismo basal, global</li> </ul>	<b>Parámetros fisiológicos</b>

**Figura 7.** Parámetros del ambiente térmico.  
**Fuente:** Elaboración propia con base de Szokolay (2003).

**E. Termorregulación:** El cuerpo humano genera constantemente calor; Mondelo *et al.* (2005), mencionan que el ser humano produce la energía necesaria para mantener su cuerpo vivo y activo, esto lo hace a través de los alimentos recibidos y del oxígeno, que a lo largo de reacciones químicas lo va convirtiendo en calor.

El cuerpo humano prevé cambios de temperatura interna a partir de la percepción de la temperatura ambiente y el nivel de actividad que realiza. La sensación de malestar térmico se genera en razón de que los órganos internos requieren funcionar a una temperatura de 37 °C. Cuando las condiciones del ambiente térmico la modifican se activan mecanismos de adaptación, conscientes o inconscientes, cuyo fin es mantener la temperatura.

La generación continua de calor metabólico que genera el cuerpo humano no siempre garantiza la temperatura interna mínima necesaria para la realización de las actividades o incluso para la vida, esto ocurre cuando las personas se encuentran expuestas a determinadas condiciones extremas, ya sea de temperaturas muy bajas o muy altas, las cuales pueden llegar a significar un peligro.

La temperatura interna o central, o bien, la de los tejidos profundos del organismo, son el promedio ponderado de las diferentes temperaturas de los órganos y partes del cuerpo. Dichas temperaturas toman variados valores según la actividad, la parte del cuerpo y la hora, oscilando con un ritmo cardiaco (Chávez, 2002).

El autor anteriormente mencionado llega a la conclusión de que se constituye una condición indispensable para la salud y la vida.

## **2.2. Normatividad**

Para esta investigación fueron consultadas y aplicadas las normas referentes a la percepción del ambiente térmico y sus condiciones para el confort térmico ya que, de acuerdo con Bojórquez (2010), el análisis de la normatividad vigente en los estudios de confort térmico nos permite identificar los alcances y limitaciones de las normas con relación a los usuarios, las consideraciones de tipo fisiológico y psicológico que presentan, los niveles de arropamiento y actividad, además de las condiciones de desarrollo de los modelos de confort térmico en las que se basan.

Con referencia a lo anterior, se muestra el análisis general de la siguiente normativa y estándares a considerar:

- ISO 10551 (2002). Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales.
- ISO 7726 (1998). Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.
- ISO 8996 (2004). Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate.
- ISO 9920 (2007). Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapor resistance of a clothing ensemble.
- NOM-015-STPS (2001). Condiciones térmicas elevadas o abatidas - Condiciones de seguridad e higiene.

### **ISO 10551 (2002). Evaluación del efecto del ambiente térmico a partir del uso de escalas de juicio subjetivo.**

Esta norma se caracteriza del resto de estándares relacionados con el confort térmico, tomando como base un enfoque adaptativo a partir del cual se plantea la aplicación de cuestionarios con preguntas relacionadas con la sensación térmica percibida de los usuarios expuestos a distintos ambientes térmicos, en esta evaluación las posibilidades de respuesta propuestas son de tipo cerrado.

En la evaluación que se presenta a los usuarios, se antepone la sensación térmica de las personas a las condiciones del ambiente, ya que puede variar las condiciones de niveles de actividad y arropamiento que no necesariamente implican cambios en el espacio que se estudia. El método de evaluación consiste en cinco tipos de juicios con diferentes escalas. Tres de ellos se refieren a la sensación térmica personal y los otros dos a las condiciones del ambiente térmico.

La norma está diseñada con base en las condiciones térmicas del cuerpo:

- a) Actividades.
- b) Vestimenta.
- c) Permanencia.

Debido a las limitantes del estándar analizado es importante incluir en los cuestionarios de aplicación las condiciones de arropamiento y nivel de actividad de los sujetos en estudio.

Se utilizan, como complemento, instrumentos de medición de la temperatura de bulbo seco, la humedad relativa, la velocidad de viento, la radiación solar y la temperatura de globo negro. Es posible establecer valores de confort térmico con los datos registrados de las variables térmicas y la correlación con las respuestas de juicio subjetivo.

### **ISO 7726 (1998). Ergonomía del entorno térmico. Instrumentos para medir cantidades físicas.**

Esta Norma Internacional especifica las características mínimas de los instrumentos para medir cantidades físicas que caracterizan un entorno, así como los métodos requeridos para la medición, su objetivo es estandarizar el proceso de registro de información que conduce a la determinación de dichos índices.

Esta norma utiliza como referencia al establecer:

- a) Especificaciones para fabricantes y usuarios de instrumentos para medir las cantidades físicas del medio ambiente;
- b) Un contrato escrito entre dos partes para la medición de estas cantidades.

Se aplica a la influencia de ambientes cálidos, moderados, cómodos o fríos en las personas.

### **ISO 8996 (2004). Ergonomía del entorno térmico. Determinación de la tasa metabólica.**

En la norma se especifica diferentes métodos para la determinación de la tasa metabólica en el contexto de la ergonomía del entorno de trabajo climático. También se puede usar para otras aplicaciones, como la evaluación de prácticas de trabajo, el costo energético de trabajos específicos o actividades deportivas, el costo total de una actividad, etc.

La tasa metabólica, como conversión de químicos en energía mecánica y térmica, mide el costo energético de la carga muscular y proporciona un índice numérico de actividad, por lo que la tasa metabólica es un determinante importante de la comodidad o la tensión resultante de la exposición a un entorno térmico. Los altos niveles de producción metabólica de calor asociados con el trabajo muscular agravan el estrés por calor, ya que es necesario disipar grandes cantidades de calor, principalmente por evaporación del sudor.

### **ISO 9920 (2007). Ergonomía del entorno térmico: estimación del aislamiento térmico y la resistencia al vapor de agua de un conjunto de ropa.**

Esta norma internacional es una de una serie de normas destinadas a ser utilizadas en el estudio de entornos térmicos. Es un documento básico para la evaluación de las características térmicas de un conjunto de ropa (aislamiento térmico y resistencia al vapor de agua). De acuerdo con los métodos estandarizados, es necesario conocer estos valores al evaluar el estrés térmico o el grado de confort proporcionado por el entorno físico.

Esta norma específica métodos para estimar las características térmicas (resistencia a la pérdida de calor seco y pérdida de calor por evaporación) en condiciones de estado estable para un conjunto de ropa basado en valores para prendas, conjuntos y textiles conocidos. Examina la influencia del movimiento del cuerpo y la penetración del aire en el aislamiento térmico y la resistencia al vapor de agua.

### **NOM-015-STPS-2001. Condiciones térmicas elevadas o abatidas - Condiciones de seguridad e higiene.**

Esta norma oficial mexicana (NOM), de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, fue publicada en junio de 2002 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). La norma aplica en todos los centros de trabajo del territorio nacional en los que exista exposición de los trabajadores a condiciones térmicas (provocadas por fuentes) que generen que la temperatura corporal de los trabajadores sea inferior a 36,0 °C o superior a 38,0 °C.

El objetivo de ésta es establecer las condiciones de seguridad e higiene, los niveles y los tiempos máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas extremas que dado a sus características: Tipo de actividades, nivel, tiempo y frecuencia de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores. La norma hace detalle de los métodos de aplicación y las especificaciones de los instrumentos de medición que se requieren para llevar a cabo la evaluación del ambiente térmico.

### **2.3. Estado del arte**

El estado del arte alimenta el marco teórico que aclara los conceptos desde donde se abordan las explicaciones en la investigación Guevara (2016), en este se muestran los avances más importantes que se han logrado con respecto al conocimiento del tema en interés.

Hernández (2017) define el estado del arte como la historia y análisis general, en conjunto, de las publicaciones e investigaciones que se han hecho sobre el tema en específico.

En este análisis, se tomaron en cuenta los trabajos más destacados sobre el confort térmico en espacios exteriores que sirven como antecedentes y se utilizaron como referencia en este trabajo de investigación.

Chávez (2002) menciona que los estudios de campo donde se correlacionan las respuestas dadas por sujetos con valores de variables meteorológicas, considerando la actividad metabólica y el nivel de arropamiento, han marcado la pauta al enfoque de adaptación del confort térmico desde 1975, por lo que a continuación, en este apartado, se presentan estudios de gran impacto en el tema.

#### **Temperatura de confort en exteriores (Noguchi)**

La Corporación Fujita de 1994 a 1995, llevó a cabo en Yokohama, Japón (que tiene un clima cálido húmedo), estudios sobre el monitoreo de la sensación térmica de los usuarios, se desarrolló 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.

### **Temperatura neutral para exteriores ( $T_{ne}$ )**

Aróstegui en el año 1995, realizó un modelo para espacios exteriores con el enfoque de adaptación. Este índice de temperatura percibida se basa en el modelo de Humphreys de 1975, con encuestas aplicadas a empleados, estudiantes y amas de casa, considera el efecto por metabolismo, con nivel de actividad pasiva y ropa con aislamiento de ligeramente arropado. Los espacios donde se realizaron los estudios eran espacios exteriores de plazas y parques, el clima de la zona de estudio es de tipo templado. Las variables incluidas en el modelo son: temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento y radiación solar (Mondelo *et al*, 2005); (Marques & Peinado, 2007).

### **Temperatura de confort en exteriores (Saaroni-TelAviv)**

Saaroni en el 2000 generó un índice de temperatura percibida para estimar una temperatura neutral, lo desarrollo a través de un ejercicio con el enfoque de adaptación planteado en espacios exteriores. El trabajo se llevó a cabo con usuarios voluntarios en Tel-Aviv, Israel. Se consideró el efecto metabólico, con niveles de actividades de pasiva a moderada y arropamiento de tipo ligero. Los espacios donde se realizaron los estudios eran áreas exteriores de parques de la ciudad, con condiciones de clima cálido subhúmedo. Las variables consideradas en el modelo son: temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento, radiación solar y temperatura media radiante (Saaroni, Bitan, Ben, & Feller, 2004)

### **Temperatura de confort en exteriores de Feller-Kibbutz**

Feller en el año 2000, al igual que Saaroni, realizó un estudio en espacios exteriores, a diferencia de este caso, se llevó a cabo en áreas públicas de la región de Kibbutz con clima cálido seco extremo. El índice de temperatura percibida desarrollado, se basa en encuestas aplicadas a voluntarios, donde se considera el efecto metabólico, con niveles de actividades de pasiva a moderada y arropamiento de tipo ligero. Las variables incluidas en el modelo son: Temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento, radiación solar y temperatura media radiante (Givoni, y otros, 2003).

### **Temperatura de confort en exteriores de Pochter-Kibbutz**

Pochter y otros, en el 2000, desarrollaron un ejercicio similar al de Feller, sólo que en este caso los espacios exteriores eran áreas públicas de la en la región de Kibbutz Yotvata con clima cálido seco extremo. El índice de temperatura percibida desarrollado, se basa en encuestas aplicadas a personas voluntarias, en las que se considera el efecto metabólico, con niveles de actividades de pasiva a moderada y arropamiento de tipo ligero. Las variables incluidas en el modelo son: temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento y radiación solar (Givoni, y otros, 2003).

### **Voto de sensación actual (ASV-RUROS)**

Nikolopoulou en el 2004 fue líder del proyecto Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (RUROS), el trabajo se llevó a cabo con el enfoque de adaptación y se desarrollaron índices de temperatura percibida para espacios exteriores de parques y áreas públicas de

siete ciudades con climas templado, cálido y húmedo. Los sujetos de estudio fueron usuarios de parques y áreas exteriores de las ciudades de estudio, con niveles de actividades de pasiva a moderada y arropamiento de tipo ligero a muy arropado, se considera el efecto metabólico. Las variables incluidas en el modelo son: Temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento y radiación solar. (Nikolopoulou & Steemers, 2003).

### **Confort térmico en exteriores: Actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo.**

Bojórquez en el 2010, presentó un trabajo donde estima el efecto de las variables meteorológicas en el confort térmico del usuario de áreas exteriores de espacios recreativos en clima cálido extremo (Mexicali, Baja California). Además, desarrolló un estudio correlacional, con el enfoque de adaptación, en cuatro periodos. Se midieron la temperatura de bulbo seco, temperatura de globo gris, humedad relativa y velocidad de viento. Se consideraron tres niveles de actividad. El análisis de datos se realizó con el método de medias por intervalo de sensación térmica. Se observó que existe un efecto distinto, en la sensación térmica percibida, por variable meteorológica, periodo climático y nivel de actividad.

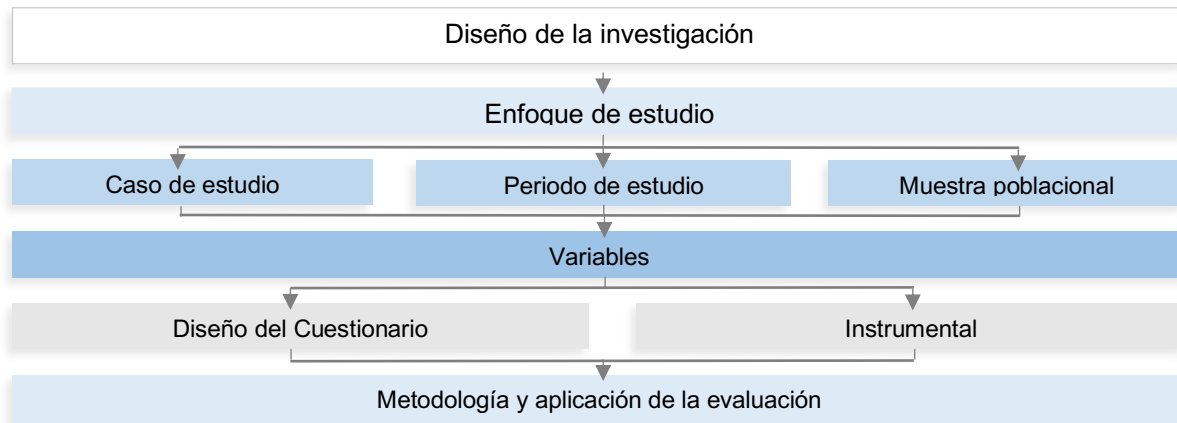
### **Confort térmico en los espacios públicos urbanos, clima cálido y frío semi-seco.**

Guzmán en el año 2014, realizó una investigación del confort térmico en espacios públicos abiertos en la Ciudad de Nogales, Sonora. Con relación a su habitabilidad temporal, se seleccionaron dos casos de estudio llevando a cabo la evaluación de la sensación térmica percibida mediante la aplicación de encuestas subjetivas a los usuarios, en las que se incorporó criterios como tipo de vestimenta, género, actividad, edad, y preguntas sobre la satisfacción, permanencia, seguridad y uso adecuado del sitio. Mientras estas entrevistas se efectuaron, se realizaron mediciones de campo sobre determinadas variables climáticas (temperatura del aire, velocidad de viento, humedad relativa, radiación solar y temperatura radiante).

### **Capítulo III. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Plantea Rincón (2015) que “(...) el diseño es el plan o estrategia que permitirá conseguir los argumentos y las bases para fortalecer las preguntas de investigación”, además agrega que esta etapa es la que indica, al investigador, lo que se debe de realizar y cómo se debe de llevar a cabo con el fin de alcanzar los objetivos de estudio y confirmar o rechazar las hipótesis formuladas.

Se entiende entonces que presentar de forma ordenada la metodología que se utilizó para llevar a cabo la investigación permitirá comprender con mayor precisión las características propias de la investigación que se utilizó para alcanzar los objetivos planteados anteriormente, por lo que en este apartado se presenta el enfoque con el que se realizó este trabajo, el cual fue tomado de referencias de los casos análogos del estudio del *confort térmico en exteriores* y sirvió de guía en todo el proceso. Se describe a su vez las características y especificaciones propias de los espacios exteriores que fueron el caso de estudio, entendiendo lo anterior, se habla sobre la muestra poblacional. Para evaluar las variables (endógenas y exógenas) que influyen en el confort térmico de los usuarios, se utilizaron instrumentos, los cuales fueron de apoyo en la investigación, éstos serán descritos a detalle más adelante, así como la manera como se realizó la evaluación y la toma de variables. Por último, se presenta la metodología utilizada en la aplicación de los cuestionarios. En el esquema de la Figura 8 se muestra la relación que hay entre los puntos (mencionados anteriores) más relevantes que conformaron el diseño de la investigación del confort térmico en exteriores de la ciudad de Ensenada, Baja California.



**Figura 8.** Diseño de la investigación.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1. Definición del enfoque de estudio

Como bien se menciona en el marco teórico, para los estudios de confort térmico se utilizan dos enfoques: Adaptativo y Predictivo.

Propone Höppe (2002) que es más apropiado un enfoque de adaptación tomando como referencia los tiempos de permanencia en exteriores, ya que el enfoque de predicción sobreestima el efecto percibido; de la misma manera, Noguchi y Givoni (1997) y Saaroni y otros (2004) afirman que el enfoque de adaptación es más adecuado en el estudio de confort térmico en exteriores, dado a la conducta interactiva en el medio ambiente y el usuario; a su vez, Nikolopoulou (2004) establece que la experiencia, la expectativa y la conducta reactiva e interactiva hacen necesario el enfoque de adaptación en exteriores.

Tomando en cuenta los argumentos dados anteriormente y ya que en espacios exteriores las condiciones climatológicas no pueden ser controladas —como en el enfoque de predicción—, este estudio fue llevado a cabo basándose en el enfoque adaptativo, teniendo una variación continua de los parámetros climáticos, considerando las reacciones fisiológicas, psicológicas y evaluando la sensación y la preferencia térmica del individuo en el sitio en el que se encontraba durante la evaluación.

### 3.2. Caso de estudio

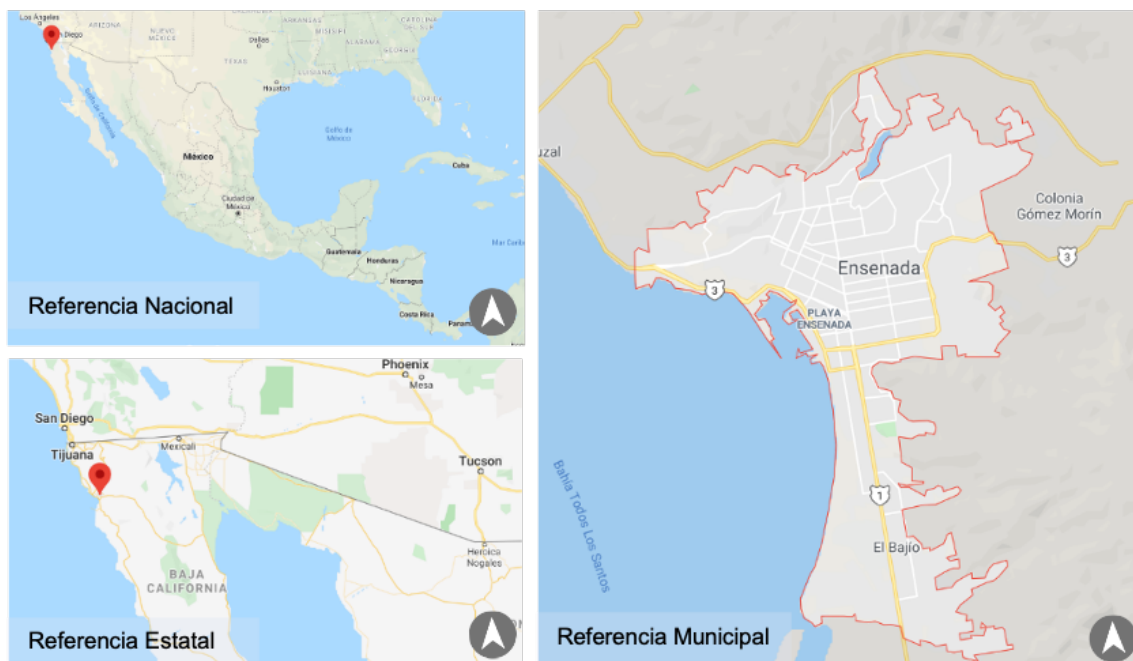
Esta investigación se basa en el confort térmico en espacios exteriores. Al encontrarse expuesto el usuario al ambiente exterior, las condiciones ambientales son objeto de afectación del cuerpo humano en todo momento, estas condiciones son en específico: Las variables físicas que determinan una sensación de comodidad o incomodidad térmica en las personas; según ANSI/ASHRAE 55 (2017), son: la temperatura del aire o temperatura de bulbo seco, la humedad relativa, la velocidad del viento y la temperatura radiante; no obstante, la actividad metabólica y el nivel de arropamiento, también son factores que afectan ese estado de comodidad, como ya se ha mencionado en capítulos anteriores.

En México, son pocos los estudios realizados sobre el estudio del confort térmico en exteriores, los que se tienen como referencia son dos, el primero, realizado en un clima cálido-extremoso en la ciudad de Mexicali, Baja California (Bojórquez, 2010) y el segundo, en un clima cálido y frío semi-seco en Nogales, Sonora (Guzmán & Ochoa, 2014). En los casos anteriores, los estudios son en climas cálidos, por lo que, entre otros, uno de los aportes que ofrece esta investigación, es el de realizar un estudio de confort térmico en exteriores en bioclima templado-seco. Para ello, se seleccionó a la ciudad de Ensenada, Baja California, como caso de estudio para llevar a cabo la investigación, en virtud de que en ésta aún no se han desarrollado estudios de esta índole.

### 3.2.1. Ubicación geográfica

La ciudad de Ensenada se localiza en la esquina noroeste de México, en el estado de Baja California, a 110 kilómetros de la frontera de México con los Estados Unidos de Norteamérica, colinda al norte con los municipios de Playas de Rosarito, Tijuana, Tecate, Mexicali y el Golfo de California; al este con el Golfo de California; al sur con Baja California Sur y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Playas de Rosarito (Figura 9).

El municipio de Ensenada cuenta con una extensión de litorales de 1 114,89 kilómetros que representan más del 80,8 % del total de los litorales del Estado, además ocupa el 73,13 % de la superficie del estado (INEGI, 2009).



**Figura 9.** Ubicación geográfica de la ciudad de Ensenada, Baja California.  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de imágenes de Google Maps y datos del INEGI (2020).

### 3.2.2. Selección del caso de estudio

Un espacio abierto es aquel que se encuentra en contacto directo con el exterior y, según Ashihara (1982), se crea al delimitar la naturaleza y genera un entorno exterior con un fin específico. Este tipo de espacios no son cubiertos y están definidos por dos planos: Pisos y muros y podrían ser delimitaciones temporales.

El enfoque principal de este estudio fue estimar rangos de confort térmico en espacios exteriores en la ciudad de Ensenada, Baja California, con el fin de que puedan ser considerados al momento de hacer un diseño de espacios públicos y que éstos sean confortables y lugares óptimos para desarrollar ciertas actividades. La investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma del Estado de Baja California (U.A.B.C.), en el campus Sauzal, la cual se ubica en el km 103 Carretera Tijuana-Ensenada S/N (

Figura 10), en el Sector Sauzal, Sub Sector 7.



**Figura 10.** Ubicación del caso de estudio.  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

Los criterios considerados para seleccionar la opción apropiada para el desarrollo de la investigación fueron:

- La institución cuenta con diversas áreas exteriores tales como: Explanadas, malecón, plazas, áreas verdes (para descanso y recreación), circulaciones peatonales, entre otros.
- Espacios unificados en un mismo predio o cercanos entre sí, con el fin de facilitar la movilidad de los instrumentos de medición, los accesorios de apoyo, la papelería y los recursos humanos durante el desarrollo del estudio, los cuales fueron proporcionados por la institución.
- Facilidades de acceso y de apoyo técnico y humano para llevar a cabo el proyecto de investigación: Apoyo de estudiantes de servicio social para levantamiento de evaluaciones.
- Optimización de tiempos para realizar durante la mañana y la tarde, todas las etapas de aplicación de evaluaciones en campo: Preparación de material y equipo de medición, estabilización de instrumentos de monitoreo, levantamiento de evaluaciones, foliación y clasificación de cuestionarios, y, captura de datos.

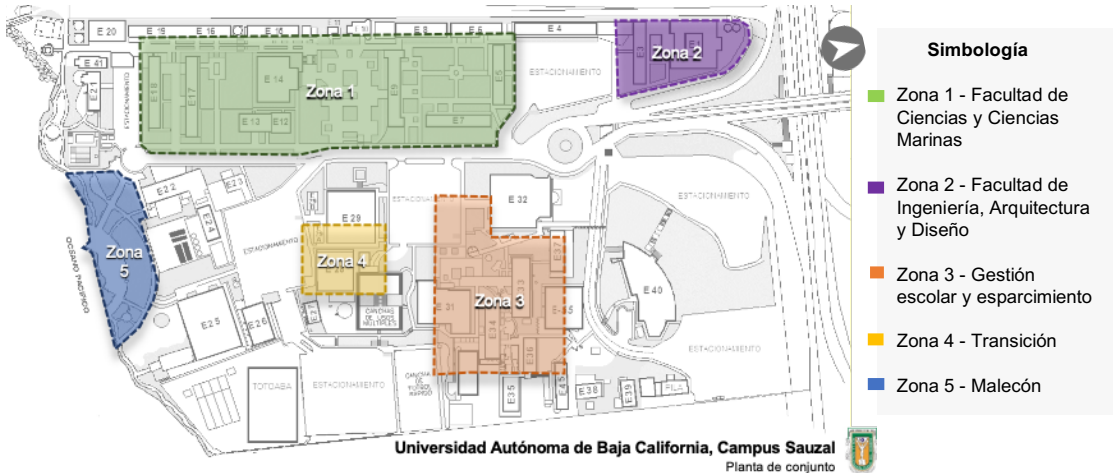
Cabe mencionar que el estudio busca estimar indicadores térmicos que apliquen a toda la población de la ciudad de Ensenada, sin embargo, sólo se llevó a cabo en el campus Sauzal de la UABC por contar con las condiciones ideales de evaluación requeridas por el estudio (población blanco, espacios exteriores, fácil acceso a ambos aspectos anteriores, seguridad, apoyo de recurso humano por medio de servicio social y disponibilidad inmediata de recurso técnico e intelectual).

### **3.2.3. Caracterización de los espacios de estudio**

La Universidad Autónoma de Baja California, campus Sauzal, se compone por aproximadamente 50 edificios, conformados por unidades académicas (aulas y laboratorios), áreas administrativas y de servicios (biblioteca, información académica, cafetería, etc.), instituciones deportivas (canchas deportivas y gimnasios), además de otras áreas como estacionamientos y almacenes. El campus cuenta con una gran cantidad de edificaciones, las cuales se complementan con múltiples espacios exteriores que permiten la conectividad entre ellos y proporcionan además de áreas de transición, espacios de convivencia, descanso y recreación, cabe mencionar que las características de estos espacios exteriores varían dependiendo de su ubicación específica dentro del campus, en los que se puede encontrar caminos de tierra o pavimento, mobiliario, luminarias, áreas con pérgolas de madera, vegetación, etc.

En este apartado se describen las diferentes características que constituyen los espacios que fueron utilizados como caso de estudio para esta investigación.

En la Figura 11 se muestra un mapa de la planta de conjunto con los elementos que componen el caso de estudio, el cual se usó de referencia para definir y caracterizar los espacios en los que se estuvieron llevando a cabo las evaluaciones.



**Figura 11.** Planta de conjunto UABC, Campus Sauzal  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

La selección de los espacios fue de acuerdo a ciertos microclimas que se dan dentro del campus, esto es dependiendo de las características particulares y ubicación de los mismos, además de tener la capacidad de ser espacios públicos que no son exclusivos de una institución educativa tales como parques, plazas y explanadas, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, se definen cinco zonas principales, además de los espacios de transición, en las cuales se realizó el trabajo de investigación, cabe mencionar que estos espacios son diferentes entre sí lo cual influyo en la selección de los mismos.

**Zona 1.- Facultad de Ciencias:** Abarca la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ciencias Marinas, y se compone por cuatro espacios exteriores en los que se estuvieron llevando a cabo las evaluaciones (ver Figura 12). Cabe mencionar que estas áreas, además de generar conexiones entre los edificios, suelen ser utilizadas para fomentar el cuidado de la flora y de la fauna existente, de la misma manera, es ideal para descanso y recreación de los alumnos (Figura 13).



**Figura 12.** Zona 1 - Facultad de Ciencias y Ciencias Marinas.  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

- **Espacio 1 - Pasillo peatonal:** El primero espacio consiste en un área que sirve de conexión peatonal entre dos edificios de la facultad de Ciencias Marinas, dispuestos paralelamente, generando un pasillo largo, éste se encuentra pavimentado con áreas ajardinadas en los costados y con árboles en el centro del camino.
- **Espacio 2 - Área de conexión:** El segundo espacio, al igual que el primero, es de conexión entre edificios, la diferencia es que éste es más amplio y se compone, a excepción de senderos de concreto, por grandes áreas de césped y vegetación con áreas de descanso y recreación.
- **Espacio 3 - Explanada:** El tercero es un espacio que divide ambas facultades, cuenta con una gran explanada de concreto con secciones ajardinadas además de césped en los costados.
- **Espacio 4 - Áreas verdes:** El cuarto se trata de un espacio exterior central, que conecta, a través de senderos de concreto a cinco edificios de la facultad de Ciencias, la característica principal de éste es que se encuentra rodeado de áreas verdes en las que se tiene diversa vegetación ya sean árboles, arbustos, pastos, flores, plantas nativas de la región, entre otras, en el centro del sitio se encuentra un elemento pergolado con bancas y un estanque de agua que aloja tortugas acuáticas en su interior. Dado a la vegetación de estos espacios, suelen sentirse más frescos que otros en los que carecen de ella, además de que hay múltiples árboles que generan sombras.



**Figura 13.** Espacios en la zona 1 – Facultad de Ciencias y Ciencias Marinas.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Zona 2.- Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño (FIAD):** Ésta se divide en cuatro espacios en los cuales se muestran diferentes escenarios ya que algunos se encuentran

muy próximos a edificios en alguno de sus lados o totalmente rodeados (ver



Figura 14).



**Figura 14.** Zona 2 - Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño.  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

- **Espacio 1 - Área recreativa:** El primer espacio es una zona recreativa situada frente a un edificio de Ciencias, es una explanada lineal de concreto con maceteros con árboles y flores, este espacio tiene proximidad en uno de sus lados largos con un edificio a diferencia del otro lado el cual se encuentra completamente abierto.

- **Espacio 2 - Área de transición:** El segundo espacio es utilizado únicamente de transición para llegar a los edificios de la FIAD, es un camino angosto de concreto con una sección de césped.
- **Espacio 3 - Explanada central:** El tercero es un espacio central rodeado de edificios de tres niveles, los cuales generan sombra la mayor parte del día y reducen la entrada de viento, este espacio es una explanada de concreto con dos jardineras con vegetación, suele utilizarse principalmente para transitar de aulas a otras, para convivencia y, además, se utiliza para ciertos eventos de la FIAD como exposiciones o galerías de trabajos, presentaciones, conferencias y actividades recreativas.
- **Espacio 4 – Cancha deportiva y recreación:** Este espacio se encuentra, por un lado, a un costado de un edificio de tres niveles por el cual se accede a él, el resto de sus límites colinda con el límite de propiedad donde se encuentra una calle, se trata de una explanada de concreto utilizada como cancha de básquetbol y actividades exteriores múltiples, cuenta con elementos arquitectónicos como bardas, jardineras y bancas de concreto, cuenta también con vegetación como árboles y enredaderas en los muros que delimitan el espacio (Figura 15).



**Figura 15.** Espacios de la zona 2 - Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Zona 3.- Gestión escolar y esparcimiento:** En esta zona del campus universitario se encuentra la Biblioteca, Vicerrectoría, la dirección de la FIAD y un edificios con laboratorios, los espacios intermedios que se generan son tanto para transitar y conectar edificios como para recreación y descanso ya que hay ciertos lugares que se encuentran equipados con mobiliario como mesas y bancos, esta área en particular suele ser muy transitada dado a que se ubica en el centro del campus y conecta con diversos edificios de atención estudiantil entre otros. Esta zona fue de gran ayuda para el desarrollo de las evaluaciones dado a los múltiples espacios y a las personas que se encuentran en ellos. Dado a la cercanía, en esta zona también se incluyeron los espacios de descanso de dos edificios más, la división de los espacios principales se muestra en la



Figura 16.



**Figura 16.** Zona 3 - Gestión escolar y esparcimiento.  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

- **Espacio 1 - Explanada principal:** El primer espacio se encuentra frente al edificio de Vicerrectoría y consta de una superficie plana de concreto con grandes árboles que generan sombra a su alrededor, este sitio se utiliza para acceso del edificio y de transición a otros lugares, en ocasiones el espacio es de utilidad para eventos de la Universidad.
- **Espacio 2 - Áreas verdes:** El segundo espacio de la zona se ubica frente a la Biblioteca, consta de un sendero de concreto que permite el acceso al edificio, a los costados del sendero se tienen áreas con césped y árboles, estas áreas de pasto son utilizadas por los alumnos para descanso y recreación, ya que es un espacio rodeado de árboles, suele haber sombra y el ambiente se percibe con frescura.
- **Espacio 3 - Encuentro recreativo:** El tercer espacio se encuentra en el centro de la zona y es un punto de encuentro, se trata de un lugar con pasto y árboles, dotado con mobiliario (mesas y bancas), rodeado por caminos de concreto, los árboles generan sombra en las mesas y las personas lo utilizan para diversas actividades como comer, realizar trabajos o simplemente descansar, al igual que el anterior, se percibe un ambiente fresco.
- **Espacio 4 - Área de descanso 1:** El cuarto espacio es un pequeño lugar para recreación con una superficie de concreto donde se tiene una gran banca de mampostería de piedra y un árbol en un costado, a excepción de la sombra generada por el árbol, este espacio se encuentra totalmente expuesto al sol al no tener edificios tan próximos que generen sombra.
- **Espacio 5 - Terraza de descanso:** Este espacio es una terraza totalmente abierta que se encuentra en el segundo de tres niveles de un edificio de la FIAD, en un costado tiene un muro de dos niveles, en otro se tiene el acceso a él en el que también se encuentran las escaleras exteriores del edificio, sus dos lados restantes están delimitados con un barandal. El espacio está equipado con mobiliario como mesas y

banca de plástico, las cuales son utilizadas por alumnos y personal académico para diversas actividades como descanso, comer, realizar trabajos entre otros.

- **Espacio 6 - Área de descanso 2:** Esta es el área de descanso de un edificio de la FIAD de tres niveles, se encuentra en su nivel mas bajo, se puede acceder a éste desde esta área o desde el segundo nivel. El espacio es rectangular y esta delimitado por la edificación la cual tiene forma de L y por un muro bajo de bloque el cual es utilizado como banca, cuentas además con un par de mesas con bancas de plástico (Figura 17).



**Figura 17.** Espacios de la zona 3 - Gestión escolar y esparcimiento.

**Fuente:** Elaboración propia

**Zona 4.- Transición:** Los espacios que se tomaron en esta zona son de transición totalmente y se utilizan para conectar distintas áreas, éstos fueron escogidos ya que conectan con el gimnasio de la universidad y la cafetería, ambos son frecuentados constantemente por alumnos y el personal académico así que es muy común encontrar personas transitando por estos espacios (Figura 18).

- **Pasillo de transición:** El primero, se trata de un estrecho camino de concreto a un costado del gimnasio del campus que conecta con el mismo y hacia la cafetería por lo que es altamente transitado, en la mayor parte del día suele encontrarse bajo sombra generado por el edificio colindante, por su cercanía al mar el viento se vuelve notorio por lo que se percibe un ambiente fresco en el espacio.
- **Área de acceso:** De la misma manera se estuvieron levantado evaluaciones en el acceso a la Cafetería, del cual se puede llegar desde dos puntos (uno de ellos es el anteriormente mencionado), este espacio a su vez conecta con un estacionamiento por lo que se encuentra rodeado de concreto y se presentan condiciones similares al anterior.



**Figura 18.** Zona 4 – Transición.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**Zona 5.- Malecón:** Este es un amplio espacio totalmente abierto y público para cualquier persona, se trata tanto de superficies de concreto como de áreas con pastos y vegetación, se ubica justo frente al mar, sin ninguna edificación inmediata (ver Figura 19).

Árboles, elementos pergolados y esculturas que se encuentran en el sitio generan sombra sin embargo la mayoría del área se encuentra totalmente expuesta al sol y recibe directamente la brisa y vientos provenientes del mar.

El malecón dentro del campus se utiliza para diversas actividades como la de descanso y recreación en sus áreas de césped, para caminar en sus senderos, pasear a mascotas, contemplar la vista hacia la bahía, las explanadas sirven para eventos de exposiciones y conferencias por parte de la universidad, entre otras actividades.



**Figura 19.** Zona 5 - Malecón  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

### 3.3. Periodo de estudio

Para definir el periodo en el cual se llevarían a cabo las evaluaciones fue necesario, en primer lugar, identificar los periodos térmicos extremos de un año típico en Ensenada, en segundo lugar, ya que el proceso de investigación se realizó en la Universidad Autónoma de Baja California, fue necesario adaptarse a los periodos escolares de la institución, revisando el calendario de actividades para posteriormente verificar con el tiempo que se disponía para realizar las evaluaciones. Los resultados fueron los siguientes:

- Se tomó como referencia el estudio llevado a cabo por Huerta en el año 2018, en el que se concentraron los análisis climáticos y bioclimáticos de la ciudad en función de las condiciones climáticas de un año típico. Dichos análisis se realizaron con datos históricos de un periodo de 18 años (de 2000 al 2017), obtenidos principalmente, de la Estación de Meteorología Automática (EMA) BC02-Ensenada, con apoyo de la herramienta informática denominada Bioclimatic Analysis Tool (Rincón y Fuentes, 2014). El trabajo de investigación anterior permitió visualizar, de acuerdo con Huerta (2018), los siguientes resultados: El periodo cálido consta desde julio hasta septiembre (tres meses), mientras que el periodo frío va desde diciembre hasta mayo, el cual es la mayor parte del año (seis meses).
- De acuerdo al calendario de actividades escolares 2019-2 y 2020-1 de la UABC, los periodos de clases fueron los siguientes: Del 12 de agosto al 07 de diciembre del 2019 y del 27 de enero al 28 de mayo del 2020.

Bajo este contexto, se concluyó llevar a cabo los estudios de confort térmico en espacios exteriores a partir del enfoque adaptativo en los siguientes dos periodos: Septiembre y octubre del 2019 para el periodo cálido y; Enero y febrero del 2020 para el periodo frío, abarcando éstos meses con los dos periodos higrotérmico representativos en un año típico para la ciudad de Ensenada.

Los días precisos en los que se desarrollaron los estudios fue de lunes a viernes (días hábiles para la Universidad), de cada periodo de evaluación, a excepción de algunos casos en donde por cuestiones académicas, administrativas o de acuerdo a las condiciones meteorológicas (ya que fue en espacio exterior) fue necesario suspender las evaluaciones.

El periodo cálido se realizó del 03 de septiembre al 10 de octubre, para el periodo frío las evaluaciones se llevaron a cabo al iniciar clases el 27 de enero del 2020 seguido hasta abarcar las cuatro semanas de febrero 2020, concluyendo el día 28. Los horarios en que se aplicaron las encuestas en sitio correspondieron a aquellos en los que dan lugar las condiciones higrotérmicas extremas en un día típico, de acuerdo con Fuentes y Figueroa (1990), es decir, a las 06 h 00 y a las 15 h 00. Sin embargo, por circunstancias de disponibilidad del recurso humano, estos horarios tuvieron que ajustarse sin desfasarse en gran medida de las horas higrotérmicas extremas, por lo que los horarios fueron en intervalos de 08 h 00 a 11 h 00 y de 14 h 00 a 17 h 00, en promedio.

### 3.4. Diseño de la muestra

Para el diseño de la muestra poblacional se utilizó el programa Sample Size Calculator® desarrollado por Creative Research Systems®, el cual se encuentra publicado en línea.

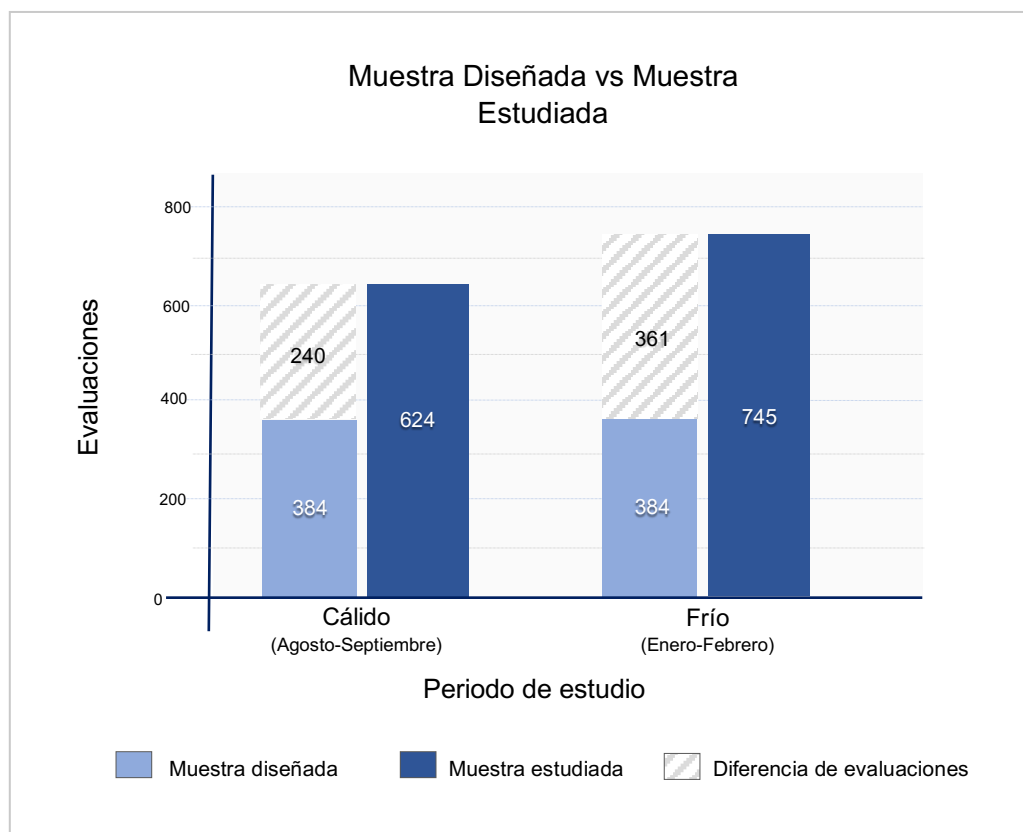
Este programa de cálculo está diseñado con una interfaz intuitiva que facilita la operación y la entrega de resultados, para ello se requiere del valor de tres variables para el cálculo del muestreo: Intervalo de confianza, Nivel de confianza y Población.

Para este trabajo de investigación se diseñó la muestra poblacional con un nivel de confianza del 95,0 % (porcentaje utilizado por investigadores) y con un intervalo de confianza (margen de error) del 5,0 %.

En el municipio de Ensenada, para el 2020, según la CONAPO (2019), se estima que la población estará en el orden de los 557 430 habitantes.

El diseño de la muestra con base en este programa se estimó en 384 evaluaciones por periodo, no obstante, dadas las características de organización y aceptación del estudio, fue posible levantar 624 observaciones en el periodo cálido y, en el periodo frío fueron 745. Lo anterior permite visualizar que la muestra estudiada supero sustancialmente a la muestra diseñada, teniendo una diferencia de 240 evaluaciones en el periodo cálido y 361 en el periodo frío, como se puede apreciar en la

Figura 20.



**Figura 20.** Comparación entre la muestra diseñada y la muestra estudiada.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5. Variables e instrumentos

En este apartado se describe el procedimiento que se llevó a la práctica para la selección de las variables físicas, instrumentos y equipo de medición utilizados en los estudios del confort térmico en exteriores. La selección de los instrumentos y el equipo de medición estuvieron en función de las variables físicas registradas, y de la especificación técnica que la ISO 7726 (1998) sugiere al respecto para la instrumentación utilizada en los estudios de confort, así como de la disponibilidad del equipo proporcionado.

### 3.5.1. Variables físicas del ambiente térmico

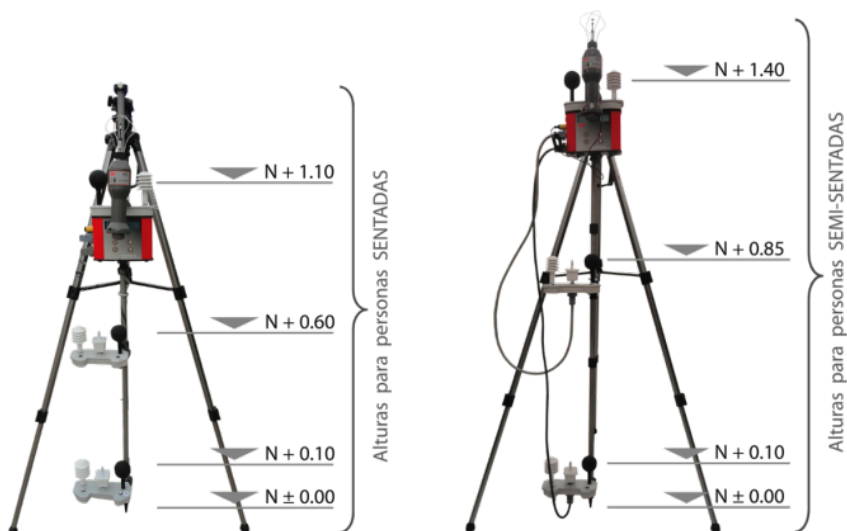
La selección de variables meteorológicas a medir se basó en el efecto de las mismas en la sensación térmica percibida, así como en el análisis de modelos, casos de estudio y normatividad sobre confort térmico en exteriores.

Para efectos de establecer una relación entre la sensación térmica de las personas y los niveles higrotérmicos que se presentaron en los espacios exteriores de evaluación en cada caso, se determinó medir y registrar la lectura de las siguientes variables físicas: Temperatura de Bulbo Seco (TBS), la Humedad Relativa (HR), la Velocidad del Viento (VV) y/o la Temperatura del Globo Negro (TGN) – Temperatura del Globo Gris (TGG).

### 3.5.2. Instrumentos de medición

Las variables del ambiente térmico registradas simultáneamente con la aplicación de cuestionarios fueron la TBS, la HR, la VV y/o TGN, asimismo se estimó la actividad metabólica realizada en ese momento.

La TBS, la HR, la VV y/o la TGN fueron medidas y registradas con un monitor de ambiente térmico de tres arreglos (mca. 3M, mod. QUESTemp 36-3), proporcionado por la U.A.B.C. (Figura 21). Este instrumental de monitoreo ambiental cuenta con una resolución de 0,1 °C para la TBS/TGN, 0,1 % para la HR y 0,1 m/s para la VV, y una precisión de  $\pm 0,5$  °C para la TBS/TGN,  $\pm 5,0$  % para la HR y  $\pm (4,0$  % lectura + 0,1 m/s) para la VV. La selección, la distribución y la operación del equipo de medición se realizó con base en la ISO 7726 (1998) y el ANSI/ASHRAE 55 (2017), respectivamente, lo que permite clasificar como clase I a la base de datos obtenida durante el estudio (Brager y de Dear, 1998).



**Figura 21.** Instrumentos de medición y alturas empleadas.

**Fuente:** Elaboración propia con base en Rincón (2017).

Las alturas adecuadas de los sensores del monitor de estrés térmico, según ANSI/ASHRAE 55 (2017), son de acuerdo a la posición del sujeto estudiado (sentado o de pie):

- Altura de los tobillos,
- Altura del abdomen, y,
- Altura del hipotálamo (parte del encéfalo situada en la zona central de la base del cerebro que controla el funcionamiento del sistema nervioso).

En el primer caso, donde el usuario se encuentra sentado, las alturas consideradas son las siguientes:

- Altura de los tobillos = 0,10 m
- Altura del abdomen = 0,60 m
- Altura del hipotálamo = 1,10 m

En el segundo caso, donde el usuario se encuentra de pie, las alturas consideradas son las siguientes:

- Altura de los tobillos = 0,10 m
- Altura del abdomen = 1,10 m
- Altura del hipotálamo = 1,70 m

Ya que el instrumental proporcionado contaba con tres sensores de medición higrotérmica, la disposición de las alturas de los mismos, por practicidad y seguridad del equipo, se tomaron como referencia las consideraciones del segundo caso, agregando en un apartado de los cuestionarios la especificación de si la persona estaba sentada o de pie.

Además de la disposición de los sensores, otras de las precauciones importantes para el uso de este instrumental son:

- Esperar de 10 a 20 min después de ser encendido para la estabilización de la lectura de los sensores.
- Mantener el recipiente del bulbo húmedo abastecido de agua destilada, y asegurarse que la mecha este limpia y completamente mojada.
- Mantener las baterías cargadas, tanto del medidor de estrés térmico como del anemómetro.
- Evitar ubicarse cerca del instrumental durante las evaluaciones para no obstruir la lectura de los sensores (no menor a un metro).
- Es recomendable el montaje en tripié para mantener la seguridad del equipo.
- Ubicar el instrumental de medición física próximo a los sujetos evaluados.
- El uso del equipo debía evitarse, en la medida de lo posible, en microclimas muy específicos con condiciones particulares de temperatura, humedad y velocidad de viento, con el propósito de evitar lecturas y evaluaciones atípicas durante el periodo de evaluación

### 3.6. Diseño del cuestionario

La elaboración del cuestionario utilizado en el estudio del confort térmico en exteriores, se basó, por una parte, en la norma ISO 105551 (2002), la cual trata sobre la evaluación de los efectos del ambiente térmico por medio de escalas subjetivas de sensaciones térmicas percibidas. Ya que esta norma fue diseñada para espacios interiores, solo se retomaron los conceptos aplicables en el estudio de espacios exteriores, por otra parte, se estudiaron consideraciones generales para la elaboración de cuestionarios, además de cuestionarios análogos referentes al estudio del confort térmico con el enfoque adaptativo. Lo anterior sirvió como referencia para la realización del cuestionario aplicado a los sujetos estudiados.

#### 3.6.1. Consideraciones generales

Se tomó como referencia, principalmente el método de (Namakforoosh, 1996), en el que se mencionan los puntos básicos que fueron considerados en el proceso de la elaboración del cuestionario, además se tomaron como referencia la elaboración del cuestionario de Hernández y otros (2006), y, Fernández (2007), en los que fue posible conocer las características generales de las que deben ser objeto las preguntas del cuestionario durante su elaboración. En el gráfico de la **Figura 22** se muestran los siete puntos básicos que deberán considerarse en el proceso de la elaboración de un cuestionario de acuerdo con la primera referencia mencionada: Información requerida, tipo de preguntas y obtención de la información, contenido de cada pregunta, formas de respuesta de cada pregunta, palabras que debe de utilizar cada pregunta, secuencia de las preguntas, y evaluar y probar el cuestionario.

Puntos básicos considerados en el proceso de la elaboración del cuestionario	1. Información requerida.	Es el conjunto de características importantes que se desea conocer del encuestado y que corresponden con los objetivos de la investigación.
	2. Tipo de preguntas y obtención de la información.	Se refiere al tipo de preguntas a plantear (basadas en hechos / de opinión) según la información que se desea recabar.
	3. Contenido de cada pregunta.	Conjunto de características que deberá reunir el contenido de cada pregunta (sencilla, inteligible, elaborada, persuasiva) para ser contestada.
	4. Formas de respuesta de cada pregunta.	Tipo de respuesta a ofrecer en cada pregunta (abierta / cerrada) según su contenido y su objetivo.
	5. Palabras que debe de utilizar cada pregunta.	Se refiere a la sencillez y simplicidad de vocabulario que debe ser empleado en cada cuestionamiento para ser respondido adecuadamente. Las palabras mal utilizadas pueden ser determinantes para la respuesta.
	6. Secuencia de las preguntas.	Orden convincente en el que deberán plantearse las preguntas cuyo objetivo sea lograr un desenvolvimiento natural del tema.
	7. Evaluar y probar el cuestionario.	Se refiere a someter a prueba (frente a un segmento de la población estudiada) la comprensión, la interpretación, la claridad, la secuencia y la extensión de cada pregunta y respuesta tanto individual como conjuntamente.

**Figura 22.** Consideraciones en el proceso de elaboración del cuestionario.

**Fuente:** Elaboración propia con base en Namakforoosh (1996).

### **3.6.2. Cuestionarios análogos**

En esta etapa se analizaron a detalle tres cuestionarios diseñados para estudios del confort térmico con el enfoque de adaptación, los criterios relevantes fueron: Objetivo del cuestionario, estructura y diseño visual, contenido de las preguntas, formulación de las respuestas, diseño conforme a normatividad y extensión del cuestionario. Los casos consultados fueron:

#### **Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (RUROS)**

El primero fue el proyecto RUROS, diseñado por un grupo de especialistas a cargo de Nikolopoulou en el año 2004 en el objetivo de esta encuesta fue evaluar las condiciones del usuario con respecto al confort térmico, acústico y visual en espacios exteriores urbanos, para generar principios de diseño de nuevos espacios y rehabilitar aquellos en desuso.

La propuesta de aplicación fue un cuestionario estructurado en dos páginas cada una con una parte distinta, en la primera de ella se basa en una serie de datos llenados por observación del encuestador y la segunda parte incluye las preguntas que se harán al encuestado. Los datos recabados son:

- Fecha, mapa de localización, actividad, grupo de edad, sexo, tipo de vestimenta, protección de cabeza y ojos, ingesta, acompañamiento, soleamiento, visuales.
- Sensación térmica, radiación solar, sensación de ventilación, humedad, apreciación visual, acústica, sensación auditiva, expectativa de asistencia al lugar, frecuencia de asistencia, actividades que se realizan, domicilio, ocupación y grado de estudios.

#### **Arquitectura y Diseño (Universidad de Colima) – Givoni**

El segundo cuestionario analizado fue diseñado en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Colima, con la asesoría de Givoni, esta propuesta está conformada 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, y
7. Medición de variables climáticas.

#### **Proyecto: Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México, regiones de clima cálido seco y húmedo (CONAVI)**

El tercer caso análogo revisado fue diseñado por un grupo de trabajo de la Universidad de México, siendo responsable Gómez-Azpeitia en el año 2007. El objetivo de esta encuesta fue establecer la sensación y preferencia térmicas del usuario de vivienda económica de clima cálido y seco húmedo de México. El formato utilizado se basó en el caso mencionado anterior a este.

Su estructura estuvo definida por seis secciones que marcaron una clara clasificación entre la información contenida:

1. Datos generales,
2. Datos temporales,
3. Información de las viviendas,
4. Información del habitante,
5. Percepción del ambiente interior de la vivienda, y
6. Datos de variables climáticas

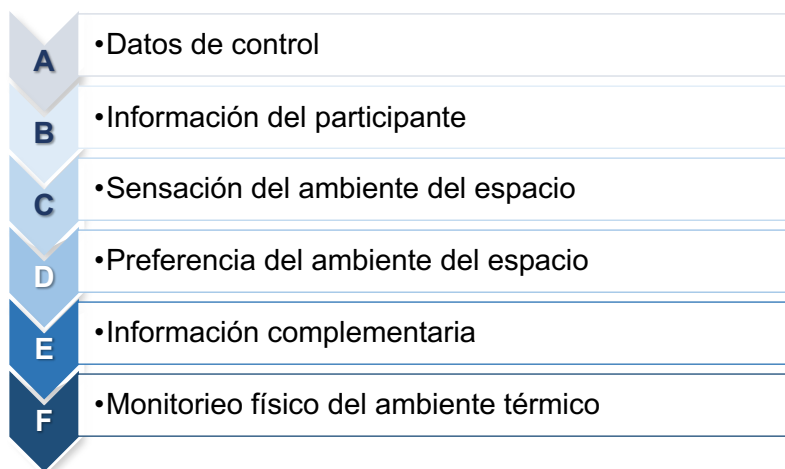
Cabe resaltar el diseño de cuestionario para el proyecto de Gomez y Azpeitia fue realizado para espacios interiores por lo que solo se tomo de referencia la estructura del cuestionario ya que esta investigación esta basada en espacios exteriores.

### 3.6.3. Elaboración del cuestionario

Una vez terminado el proceso de análisis se procedió a elaborar la propuesta del cuestionario que permitió alcanzar los objetivos y los alcances planteados en esta investigación, las consideraciones generales fueron las siguientes:

1. Que tuviera una estructura visual clara y lógica para facilitar el proceso de aplicación.
2. Que su extensión no fuera mayor a una cuartilla.
3. Incorporación de los datos de la institución así como el objetivo general para el cual se realizó la aplicación de las evaluaciones.
4. La conformación de grupos de información para facilitar la aplicación, captura y procesamiento de la aplicación.
5. Formulación de preguntas predominantemente de tipo cerrado, con el fin de facilitar la comprensión e interpretación de la información.
6. Diseño de una escala subjetiva de sensaciones para la percepción de la velocidad del viento, con base en las escalas de ISO 10551 (2002).

La estructura final del formato quedó comprendida por seis secciones como se muestra en la Figura 23, está división permitió un control y una identificación precisa para localizar cada pregunta o cada grupo de información de una manera clara y a su vez, ayudo en el proceso de la aplicación de las evaluaciones y de la captura de datos.



**Figura 23.** Secciones del cuestionario.  
**Fuente:** Elaboración propia

Cada sección estuvo definida por una letra mayúscula y cada reactivo se enumeró, teniendo un total de 23 reactivos divididos de la siguiente manera:

- A. Datos de control:** En esta sección se incluyeron los datos de control necesarios para identificar, ordenar, capturar y archivar el total de encuestas por periodo realizadas. Estos datos fueron el folio, fecha, encuestadores, hora inicial y final de cada evaluación.
- B. Información del participante (encuestado):** Las características de los sujetos consideradas fueron la edad, género, intensidad de la actividad realizada inmediata a la evaluación y el grado de vestimenta utilizada en el momento.
- C. Sensación del ambiente del espacio (exterior):** Las sensaciones del ambiente percibidas por el usuario fueron la sensación térmica, la humedad y la velocidad del viento.
- D. Preferencia del ambiente del espacio (exterior):** Corresponde a las preferencias del ambiente mencionadas en punto C.
- E. Información complementaria:** En este punto se incluyó el estado de ánimo de acuerdo a las condiciones ambientales dadas en el momento de la evaluación y notas adicionales referentes a situaciones relevantes o atípicas que influyen en la percepción del ambiente.
- F. Monitoreo físico del ambiente térmico:** Medición y registro de las variables físicas requeridas para el estudio, tales como la temperatura del bulbo seco, de bulbo húmedo, de globo negro y gris, humedad relativa y la velocidad del viento.

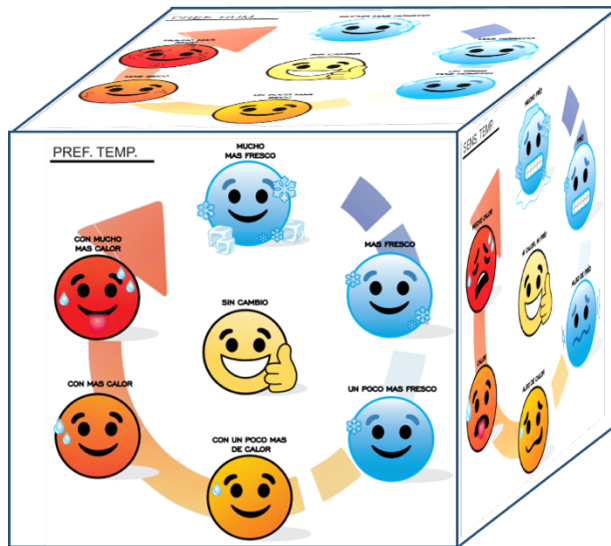
Las posibilidades de respuestas planteadas en las secciones C, y D fueron de carácter subjetivo, por lo que se basaron en las escalas de la sensación térmica (**Error! Reference source not found.**) sugeridas por la ISO 10551 (2002).

Las escalas de sensación térmica fueron implementadas a manera de gráficos, dispuestos en la forma de un cubo, en el que cada cara consistía en una escala (representada con emoticones, flechas, colores y textos) de respuesta perteneciente a una pregunta ya sea de sensación o preferencia, de esta manera el evaluado tuvo una identificación visual, permitiéndole la facilidad al dar respuesta. El acomodo de la escala fue dispuesto en orden radial, teniendo en el centro la aceptación personal (escala cuatro), en la parte superior central se encuentra la escala uno, seguido por las demás en dirección a las manecillas del reloj hasta llegar a la número siete, los gráficos fueron reforzados con una flecha y colores representativos al calor y al frío con el fin de reforzar la idea. Cabe mencionar que la propuesta de los gráficos fue proporcionada por alumnos del servicio social (Figura 24).

**Tabla 1.** Escalas de sensación y de preferencia utilizadas en el cuestionario aplicado.

Escala	Enfoque Adaptativo						
	Aceptación Personal	Sensación			Preferencia		
		Térmica	Húgrica	Eólica	Térmica	Húgrica	Eólica
1		Mucho frío	Muy húmedo		Mucho más fresco	Mucho más húmedo	
2		Frío	Húmedo	Mucho viento	Más fresco	Más húmedo	
3		Algo de frío	Algo húmedo	Viento algo fuerte	Un poco más fresco	Un poco más húmedo	Más viento
4	Aceptable	Ni calor ni frío	Normal	Viento agradable	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio
5	Inaceptable	Algo de calor	Algo seco	Poco viento	Un poco más de calor	Un poco más seco	Menos viento
6		Calor	Seco	Sin viento	Con más calor	Más seco	
7		Mucho calor	Muy seco		Con mucho más calor	Mucho más seco	

**Fuente:** Elaboración propia con base en Rincón (2015).



**Figura 24.** Representación gráfica de la ST y la PT utilizadas en el cuestionario.  
**Fuente:** Elaboración propia.

El cuestionario diseñado para el estudio inicia con un encabezado en la parte superior de la página principal, su contenido refiere a los datos de identificación de la institución procedente y el escudo de la UABC del lado izquierdo y del lado derecho los nombres del responsable y corresponsables de la Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática. Posteriormente se indicó el título de la investigación y el objetivo general del estudio en sitio que dio pie a la aplicación de las encuestas en cada periodo. La finalidad de lo anterior fue dotar de información necesaria a los sujetos de estudio con el propósito de permitirles vislumbrar la importancia que representaba responder adecuadamente cada reactivo.

Como se aprecia en la Figura 25, se empleó un sistema de escritura de respuestas que facilitó la captura de datos por cuestionario, consistió en colocar del lado izquierdo de cada pregunta de tipo cerrado un rectángulo, el cual fue utilizado para anotar dentro del espacio el inciso de correspondiente a la opción elegida por el encuestado.



### 3.7. Metodología para la aplicación de las evaluaciones

El trabajo de campo representó una de las etapas más importantes de la investigación, ya que la aplicación correcta del cuestionario representaba información confiable para el estudio. Antes de cada periodo de aplicación de la encuesta se hizo una planeación para considerar, conforme a la muestra diseñada, el número de cuestionarios a aplicar, horarios y personal disponible, por lo que fue requerido el apoyo de recurso humano de servicio social proporcionado por la universidad. Se crearon cuadrillas de trabajo, en un principio se conformaban por dos personas, en donde una se encargaba de la realización de la evaluación y la otra hacía la lectura de las mediciones de las variables del ambiente térmico y el traslado del instrumental; dado el cuidado que requiere éste, se integró una persona más a cada cuadrilla, la cual se encargaba exclusivamente de la seguridad, el traslado y manejo del instrumento de medición. El grupo de apoyo estuvo conformado por 7 estudiantes de la carrera de Arquitectura en cada periodo de estudio.

Para el inicio de la aplicación de evaluaciones fue necesario hacer un diseño de muestra, el cual se basó en una población determinada a partir de datos del número de personas residentes de la ciudad de Ensenada, Baja California. Se diseñó una muestra, con una confiabilidad del 95% y precisión de los estimadores del 5%. El promedio de muestra por temporada fue de 384 observaciones, se estuvieron realizando un promedio de 14 evaluaciones por turno, debido a la aceptación del estudio entre los encuestados se llegó a levantar 624 observaciones en el periodo cálido y, en el periodo frío fueron 745.

#### 3.7.1. Preparación del instrumental de medición y material complementario

La preparación previa al levantamiento de evaluaciones, consistió en el ajuste general del instrumental de medición, tomando en cuenta los siguientes puntos:

1. Revisión de las alturas de los sensores y su ajuste de ser necesario.
2. Asegurarse que el depósito del bulbo húmedo contuviera la cantidad de agua destilada requerida.
3. Colocación del anemómetro (medidor multidireccional de la velocidad del viento), el cual se cargaba previo a la hora establecida para la realización de las evaluaciones.
4. Encendido del monitor del ambiente térmico 15 min antes del levantamiento permitiendo la estabilización de los sensores.

Posterior a la preparación del equipo, se realiza el llenado de los datos de control (folio, fecha y encuestadores) en el total de formatos establecidos por turno y se toma el material complementario de utilidad como una tabla de soporte, bolígrafo, el apoyo gráfico (**Error! Reference source not found.**) y una cámara digital para la toma de evidencias.

Al inicio de cada turno diario de evaluación, la propia cuadrilla de trabajo se aplicaba así misma el cuestionario con el propósito de conformar una base de datos de un grupo de control, la cual, en lo sucesivo, servirá como referente de estudio para comparar los indicadores térmicos estimados con la población de estudio.

El instrumental de medición fue resguardado, todo el tiempo que no fue requerido, en la oficina del responsable de la línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática, dentro de las instalaciones de la U.A.B.C. campus Sauzal.

### 3.7.2. Aplicación de evaluaciones

Una vez listos el instrumental de medición y los accesorios complementarios, así como realizada la evaluación al grupo de control, se procedió a trasladar el instrumental de medición a los espacios exteriores seleccionados aleatoriamente, en donde se levantarían las evaluaciones. Los usuarios encontrados en el sitio fueron seleccionados, de igual manera, aleatoriamente para la realización de la evaluación; se procuró que éstos estuvieran en distintos escenarios para generar una variabilidad en las respuestas.

Al hacer la selección visual del usuario a encuestar, en un principio se comunicaba la finalidad del estudio y se le preguntaba si quería colaborar en el mismo, si no accedía a ser encuestado se le daban las gracias y se le despedía, si este aceptaba se procedía al colocado del instrumental considerando superficies firmes, sin riesgos de caerse y que los sensores no fueran obstruidos para posteriormente proceder a la aplicación del cuestionario de manera simultánea a la medición y el registro de las variables estudiadas, es por este motivo que se requería de dos personas como mínimo.

Cabe mencionar que para reducir tiempos y agilizar el proceso de evaluación, al entrevistado solo se le realizaban ocho de las 23 preguntas, el llenado del formato se realizó de la siguiente manera:

- **A - Datos de control:** Llenado previo por el entrevistador
- **B - Información del participante:** En esta sección solo se le pregunta al evaluado por su edad ya que el género, la intensidad de la actividad realizada y el tipo de vestimenta eran observados y registrados por el entrevistador.
- **C y D - Sensación y preferencias del ambiente:** Estos reactivos son respondidos por el usuario y corresponden a dos grupos separados, sin embargo, durante la aplicación se efectuaron de manera alternada; sensación de temperatura y preferencia de temperatura, grado de humedad y nivel de humedad preferido, sensación del viento y preferencia de la velocidad del viento; lo anterior con el fin de que los usuarios identificaran en primer instancia, las sensaciones que percibían en el ambiente, y en segundo, su preferencia. Para dar respuesta a estas preguntas se utilizó el grafico de la **Error! Reference source not found.**
- **E – Información complementaria:** Por último, se le pregunta al entrevistado sobre su estado de ánimo con relación a las condiciones ambientales, para su respuesta se utilizó (al igual que en el apartado anterior) una escala representada con emoticones. Las notas adicionales son añadidas por el entrevistador en donde éste incluye si el usuario se encontraba de pie o sentado y las situaciones relevantes atípicas no consideradas dentro del cuestionario.
- **F – Monitoreo físico del ambiente térmico:** Estos datos fueron asentados conforme a lo registrado por el instrumental de medición simultáneamente a las respuestas de la sección C (sensaciones del ambiente).

Durante el proceso de la evaluación, una persona fue la encargada de hacer lectura de las preguntas y de la toma de datos, mientras otra se encargaba de mostrarle al usuario la representación gráfica de las respuestas, éste mismo observaba los datos de las variables registrados por el instrumental y se los proporcionaba al entrevistador, la tercer persona se encargaba de tomar una fotografía (evidencia) y del cuidado del instrumental de medición, cada evaluación fue llevada a cabo en un promedio de tiempo de 2:00 min.

Una vez atendido el número de encuestas a aplicar por turno, se procedía nuevamente a realizar la evaluación al grupo de control, para dar por concluido el turno de evaluación para posteriormente trasladar el instrumental a su área de resguardo.

En la Figura 26, se encuentran cuatro imágenes de referencia donde se muestran ejemplos de la aplicación de las evaluaciones llevadas a cabo, a su vez, es posible apreciar que los estudios se llevaron a cabo en espacios exteriores con distintas características y microclimas.



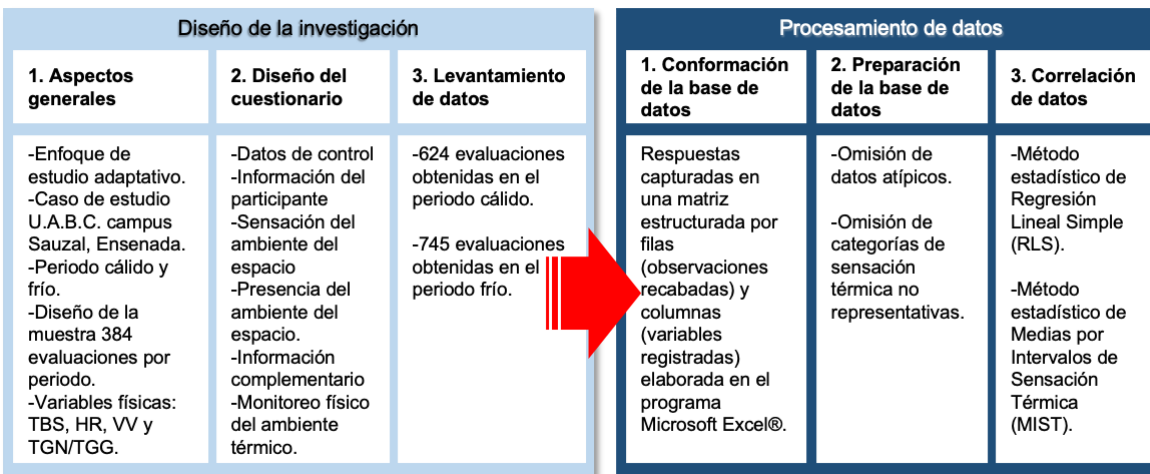
**Figura 26.** Aplicación de cuestionarios.  
**Fuente:** Elaboración propia.

## **Capítulo IV. PROCESAMIENTO DE DATOS**

En el capítulo anterior se determinó el diseño de la investigación a seguir de acuerdo con los objetivos y los alcances planteados para el estudio del confort térmico en espacios exteriores en la ciudad de Ensenada, Baja California. Para la obtención de datos, se definió el enfoque de estudio, el caso, el periodo, el diseño de la muestra, las variables e instrumentos, el diseño del cuestionario y la metodología a utilizar. En este capítulo se detalla el procedimiento que se llevó a cabo para la conformación de la base de datos obtenidos, la preparación que se realizó para su limpieza y finalmente se describen los dos métodos estadísticos de correlación univariable de datos utilizados en el estudio, esto con el fin de poder analizar posteriormente los resultados. En el esquema de la Figura 27 se muestra un resumen de lo obtenido en el diseño de la investigación y, con el fin de darle continuidad, los temas a tratar en este capítulo.

Uno de los alcances de este proyecto de investigación es el estudio del confort a partir de la sensación térmica percibida por el sujeto de estudio, por lo tanto, el análisis de datos se basó únicamente en la correlación, por periodo de estudio, entre la sensación térmica (ST) percibida por las personas evaluadas y cada una de las variables físicas registradas simultáneamente: TBS, HR, VV y TGN. Por lo tanto, las respuestas recabadas respecto a la sensación y la preferencia hídrica y eólica, así como a la aceptación general del ambiente, no fueron correlacionadas, sin embargo, han quedado registradas como información recabada durante el desarrollo de los estudios en sitio por lo que, en un futuro, podría

utilizarse para nuevas investigaciones o, de ser posible, para darle continuidad a esta misma y de esa manera ampliar el enfoque y los objetivos aquí tratados.



**Figura 27.** Diseño de la investigación y la transición al procesamiento de datos.

**Fuente:** Elaboración propia.

De la misma manera, el análisis desarrollado en este capítulo no hizo diferencia de edad, de sexo, de nivel de arropamiento o de nivel de actividad en las personas estudiadas, con el fin de estimar modelos genéricos de fácil aplicación para la toma de decisiones en el diseño de espacios exteriores.

#### 4.1. Conformación de la base de datos

El programa utilizado para la digitalización y almacenamiento de los datos fue Microsoft Excel®, utilizando una hoja de cálculo convencional, dado a la diversidad de herramientas que ofrece para la captura, el procesamiento y la graficación de datos. Se desarrolló un formato tipo matriz en la cual se presentan los datos por filas y por columnas, en el que cada fila representa las observaciones levantadas (cuestionarios) y las columnas representan las variables recabadas en la evaluación. Para lo anterior, fue necesario denominar cada columna con el nombre correspondiente a cada variable analizada, de igual manera, cada fila fue nombrada por el número consecutivo y el folio correspondiente a cada registro recabado en las evaluaciones en los periodos de análisis. Además, los datos fueron clasificados por periodo (frío y cálido) y agrupados por día (aplicando una línea con un mayor grosor al final de la última evaluación) y turno (dejando una columna de separación en blanco); esto, con el fin de poder preparar la base de datos para su graficación (Figura 28). Cabe mencionar, que gracias al sistema de escritura de respuestas implementado en el diseño del cuestionario (ver Figura 25, *pág. 46*), fue posible facilitar la captura de datos de una forma eficiente. De esta manera, durante el proceso de captura de datos solo fue necesario consultar la columna de la izquierda generada por el total de respuestas proporcionadas por el encuestado teniendo una captura de forma corrida, a excepción de las notas añadidas por el encuestador en la sección de información complementaria.

**BASE DE DATOS PARA ESTIMAR EL CONFORT TÉRMICO DURANTE EL PERIODO FRÍO EN ENSENADA, B. C.**

CONSECUTIVO	A. Datos de control				B. Información del participante					C. Sensación ambiental del espacio						E. Información complementaria				
	01 EDIFICIO	02 FECHA	03 EVALUADORES	04 INICIO	05 TERMINO	06 FRÍO/DIFER	07 EDAD	08 SEXO	09 CT. ANTERIORES	10 ESTR.	11 S1	12 S2	13 S3	14 S4	15 S5	16 S6	17 S7	18 NOTAS	19 TBS (C) 1	20 TBS (C) 2
1	C-301101	20/10/20	Mely y Luz	8:08	8:51	E	22	2	1	2	4	3	4	5	6	7	8	En la sombra, de pie, dolor de	11.7	11.7
2	E-301103	20/10/20	Mely y Luz	8:52	8:54	E	21	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sentado, en primer sombra	11.8	11.7
3	E-301104	20/10/20	Mely y Luz	8:55	8:58	E	19	1	1	3	4	5	6	7	8	9	10	Sentado, en primer sombra	11.8	11.7
4	E-301105	20/10/20	Mely y Luz	9:02	9:02	E	28	1	1	3	4	5	6	7	8	9	10	Sentado, en primer sombra	14.1	13.9
5	E-301106	20/10/20	Mely y Luz	9:05	9:08	E	29	2	2	4	2	9	5	6	7	8	9	En primer sol, de pie	14.2	13.5
6	E-301107	20/10/20	Mely y Luz	9:09	9:11	E	22	1	1	4	3	2	5	6	7	8	9	En la sombra, sentado	12.5	12.2
7	E-301108	20/10/20	Mely y Luz	9:14	9:17	E	21	1	1	4	3	3	2	5	6	7	8	En primer sol y la sombra, de pie	12.1	12.1
8	E-301109	20/10/20	Mely y Luz	9:22	9:24	E	19	2	1	4	1	4	3	5	6	7	8	En la sombra, sentado	12.4	12.4
9	E-301110	20/10/20	Mely y Luz	9:25	9:27	E	56	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	En la sombra, sentado	12.1	12.1
10	E-301111	20/10/20	Mely y Luz	9:40	9:42	E	19	1	1	4	3	3	4	5	6	7	8	En primer sol y la sombra	12.1	12.2
11	E-301112	20/10/20	Mely y Luz	9:46	9:49	E	19	1	1	4	3	3	4	5	6	7	8	En primer sol y la sombra	12.4	12.3
12	E-301113	20/10/20	Mely y Luz	9:51	9:54	E	19	1	1	4	2	3	4	5	6	7	8	En primer sol y la sombra	12.9	12.5
13	E-301114	20/10/20	Mely y Luz	10:01	10:03	E	20	2	1	3	4	4	3	4	5	6	7	En primer sol y la sombra	12.6	14.7
14	E-301115	20/10/20	Mely y Luz	10:08	10:10	E	20	2	1	4	4	3	3	4	5	6	7	En primer sol y la sombra	12.8	15.4
15	E-301116	20/10/20	Mely y Luz	10:12	10:14	E	18	1	1	4	4	4	4	5	6	7	8	En primer sol y la sombra	12.8	15.6
16	E-301117	20/10/20	Mely y Luz	10:16	10:18	E	23	2	1	4	3	6	3	4	5	6	7	En primer sol y la sombra	12.6	15.5
17	E-301118	20/10/20	Mely y Luz	10:19	10:21	E	22	2	1	4	3	3	4	5	6	7	8	En primer sol y la sombra	12.8	15.7
18	C-301201	20/10/20	Diana y Laila	13:43	13:45	E	21	2	2	4	5	3	3	2	5	2	3	Sentado, bajo la sombra	15.1	14.9
19	E-301202	20/10/20	Diana y Laila	13:45	13:47	E	22	2	1	2	4	4	3	4	4	2	7	De pie, a la sombra	14.7	14.5
20	E-301203	20/10/20	Diana y Laila	13:48	13:51	E	19	1	1	3	3	4	3	4	4	1	6	De pie, a la sombra	14.7	14.5
21	E-301204	20/10/20	Diana y Laila	13:52	13:55	E	19	2	1	3	4	2	5	2	4	2	4	Sentado, a la sombra, recibiendo un	15.0	14.9
22	E-301205	20/10/20	Diana y Laila	13:55	13:59	E	21	1	1	3	3	3	5	5	4	2	4	Sentado, a la sombra, cerca de la ve	15.0	15.0
23	E-301206	20/10/20	Diana y Laila	14:00	14:03	E	21	1	1	3	3	3	3	4	3	1	5	De pie, recibiendo poca radiación	15.1	15.0
24	E-301207	20/10/20	Diana y Laila	14:04	14:07	E	19	1	1	3	4	4	3	4	4	2	5	Sentado, con un poco de exposición	14.7	14.6
25	E-301208	20/10/20	Diana y Laila	14:08	14:10	E	19	1	1	3	4	4	3	4	3	2	4	Sentado, recibiendo poca radiación	15.0	15.1
26	E-301209	20/10/20	Diana y Laila	14:12	14:14	E	21	1	1	3	3	4	4	4	4	2	5	Sentado, a la sombra, cerca de vege	14.7	14.7
27	E-301210	20/10/20	Diana y Laila	14:15	14:22	E	18	2	1	3	3	2	4	5	5	3	6	De pie, a la sombra, vegetación por	14.7	14.8
28	E-301211	20/10/20	Diana y Laila	14:23	14:26	E	20	2	1	3	4	3	4	4	3	1	5	Sentado, a la sombra de un árbol, e	14.8	14.7
29	E-301212	20/10/20	Diana y Laila	14:28	14:40	E	21	1	1	3	3	4	4	4	3	1	7	A la sombra, escuchando música	14.9	14.9
30	E-301213	20/10/20	Diana y Laila	14:41	14:44	E	19	1	1	4	4	5	3	3	4	2	5	Sentado, a la sombra, sin exposici	15.2	15.9
31	E-301214	20/10/20	Diana y Laila	14:45	14:48	E	24	1	1	3	4	4	4	4	4	2	5	Recibiendo radiación solar, sentad	15.1	15.2
32	E-301215	20/10/20	Diana y Laila	14:49	14:52	E	20	1	1	3	3	5	4	4	4	2	4	Sentado, a la sombra, cerca de vege	15.3	15.3
33	E-301216	20/10/20	Diana y Laila	14:54	14:56	E	19	2	1	3	4	3	3	4	4	2	5	Sentado, a la sombra, cerca de vege	16.0	16.1
34	E-301217	20/10/20	Diana y Laila	14:58	15:01	E	20	1	1	3	3	3	4	4	4	2	4	Sentado, a la sombra	15.2	15.2
35	E-301218	20/10/20	Diana y Laila	15:02	15:04	E	19	1	1	4	3	3	3	4	4	2	4	Sentado, a la sombra, cerca de vege	15.0	15.0
36	E-301219	20/10/20	Diana y Laila	15:06	15:09	E	21	2	2	4	4	4	4	4	4	2	4	Sentado, a la sombra, con vegetaci	15.1	15.1
37	E-301220	20/10/20	Diana y Laila	15:10	15:14	E	22	2	2	3	3	4	4	4	4	2	4	De pie, a la sombra	15.1	15.0
38	C-301201	20/10/20	Mely y Luz	7:03	7:06	E	23	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	En primer sol y la sombra, cerca de vege	13.9	12.5
39	E-301201	20/10/20	Mely y Luz	7:07	7:08	E	19	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	En primer sol y la sombra, cerca de vege	13.9	13.9

Figura 28. Formato de captura de datos.

Fuente: Elaboración propia.

La finalidad principal de agrupar los datos fue identificar los posibles errores, tanto en la respuesta dada por los sujetos, como en la captura por parte del evaluador, y, de ser necesario, corregirlos conforme a la consistencia de los datos grupales. El objetivo de las bases de datos generadas por periodo fue encontrar el grado de correlación existente entre la sensación térmica percibida por los sujetos evaluados y la medición de cada una de las variables registradas simultáneamente durante la evaluación (TBS, TGN, HR y VV), a fin de estimar el valor neutral y los rangos de confort en cada uno de los casos.

#### 4.2. Preparación de la base de datos

La preparación de la base de datos es una etapa preliminar de gran importancia para la manipulación de los datos recabados y el modelado de los resultados esperados ya que, de acuerdo con Rincón (2015), si se omite este procedimiento, se arriesga la consistencia de los resultados obtenidos por el posible manejo y la falta de tratamiento de datos erróneos.

El procedimiento que se llevó a cabo para la preparación de la base de datos consistió en la omisión de los valores atípicos a fin de evitar que se pervirtieran los resultados esperados, para ello, los criterios tomados en cuenta fueron dos:

1. Omisión de los datos inconsistentes con la homogeneidad de los datos grupales, o bien, datos atípicos.
2. Omisión de categorías de sensación térmica inferiores al 5,0 % del total de observaciones recabadas.

Según Hawkins-Douglas (1980), los datos atípicos son aquellos que se desvían tanto de las observaciones, que despierta la sospecha de que se generaron por un mecanismo diferente, Rodríguez *et al.* (2011) los describe como aquellos valores extremos de alguna variable que difieren del comportamiento del resto de la muestra, Rincón (2015) plantea que un valor atípico es aquella observación numéricamente distante del resto de los datos, por lo tanto se entiende, que el dato atípico es consecuencia de combinaciones de valores inusuales.

Dar limpieza de datos atípicos a una base de datos antes de ser procesada es de gran importancia, ya que utilizarla sin darle el debido tratamiento a los datos irregulares puede provocar consecuencias significativas en los resultados del procesamiento de datos; entre las más comunes, se encuentra la inconsistencia en la precisión de los resultados y la afectación a la normalidad de la base de datos. Por lo anterior, para el tratamiento de datos atípicos en esta investigación se atendieron dos métodos estadísticos: a) Jerarquía ponderada, y, b) Omisión de categorías de Sensación Térmica no representativas.

#### 4.2.1. Jerarquía ponderada

El proceso que se realizó para la identificación de los datos atípicos fue el de Jerarquía ponderada, propuesto por Rincón (2015), el cual se basa en la medida estadística de la proporción, también conocida como frecuencia relativa, la cual, según Ruíz (2004), es una medida de resumen que consiste en el número de veces que se presenta un valor o característica respecto al total de la muestra de la variable en estudio; una proporción informa del tamaño que tiene una parte de la muestra con relación a la totalidad de ella misma. El dato con mayor proporción se conoce como moda. Su fórmula general es:

$$P_i = \frac{X_i}{n} \quad (\text{ec. 3})$$

Donde:

$X_i$  = Número de observaciones de interés (número de veces que se repite un mismo valor en la muestra).

$n$  = Tamaño de la muestra (número total de observaciones).

$P_i$  = Proporción ponderada que representa el valor respecto al total de observaciones.

Cabe mencionar que este fue un método de identificación de diseño implementado por Rincón (2015), por lo que, él mismo menciona que para que la proporción, como medida estadística, pueda aplicarse como método de identificación de datos atípicos, es necesario realizar algunos ajustes y aclarar ciertos términos de aplicación, los cuales se mencionan a continuación:

- Los valores únicos de los que se conformó el universo de datos de cada muestra evaluada fueron de 1 al 7, ya que cada uno de ellos representa una categoría dentro de la escala subjetiva de ST en el cuestionario correspondiente.
- Dado al punto anterior, el criterio que se adaptó para determinar qué datos debían ser considerados atípicos fue que el resultado obtenido con la fórmula de proporción debía ser inferior a 1/7.
- La identificación de los datos atípicos se lleva a cabo por turno (matutino y vespertino) de cada día en cada periodo, ya que cada uno cuenta con una misma o similar magnitud de variables físicas registradas.

Una vez identificados los datos atípicos, estos fueron omitidos de la base de datos antes de ser procesados, cabe mencionar que los datos omitidos no fueron eliminados con el fin de conservarlos como registros y, de ser el caso, como submuestra atípica que permita explorar diferentes condiciones que influyen en el confort térmico. La identificación y omisión de los datos atípicos se realizó con apoyo de ciertas ecuaciones en el mismo programa informático utilizado para la captura de datos (Microsoft Excel®), en el cual, posteriormente fueron graficados y analizados los datos recabados en el estudio del confort térmico en exteriores.

Es importante señalar que la muestra evaluada fue mayor a la muestra poblacional diseñada, como se puede apreciar en la gráfica de la

Figura 20 (pág. 38), por lo tanto, la omisión de los datos atípicos no afectó en el total de las evaluaciones procesadas.

#### **4.2.2. Omisión de categorías de Sensación Térmica no representativas**

El proceso de omisión de categorías de ST no representativas consistió en la no consideración de aquellos registros de una misma categoría de ST que, en conjunto, no representaban por lo menos, el 5,0 % respecto al total de observaciones recabadas en un mismo periodo de evaluación. Se entiende entonces que en esta omisión de datos, se aplica a todo el periodo de estudio y no solo a cada turno de evaluaciones, como se muestra en el apartado anterior.

Cabe mencionar que este filtro de limpieza de datos no siempre representó un beneficio en los resultados esperados, por lo tanto, en cada momento específico fue tomada la decisión de aplicar o no este filtro, el cual fue aplicado sólo en aquellos casos en los que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) representaba mayor consistencia a partir de un valor próximo a la unidad, de ser así, se describe en el capítulo de resultados.

#### **4.3. Métodos estadísticos univariados de correlación de datos**

Como se mencionó en el apartado 3.4 Diseño de la muestra (pág. 37), el total de observaciones a recabar por cada uno de los periodos estudiados correspondió a 384 cuestionarios; no obstante, en el periodo cálido (septiembre-octubre de 2019) se recabaron 624 observaciones, mientras que en el periodo frío (enero-febrero de 2020) se recabaron 745 observaciones (

Figura 20, pág. 38). Como se puede observar, en ambos periodos térmicos se rebasó sustancialmente lo diseñado con lo recabado, sin embargo después de realizar la Preparación de la base de datos (pág. 52) fue posible procesar 377 observaciones en el periodo cálido y 670 observaciones en el periodo frío, las cuales en su conjunto acumularon 1 147 en todo el estudio.

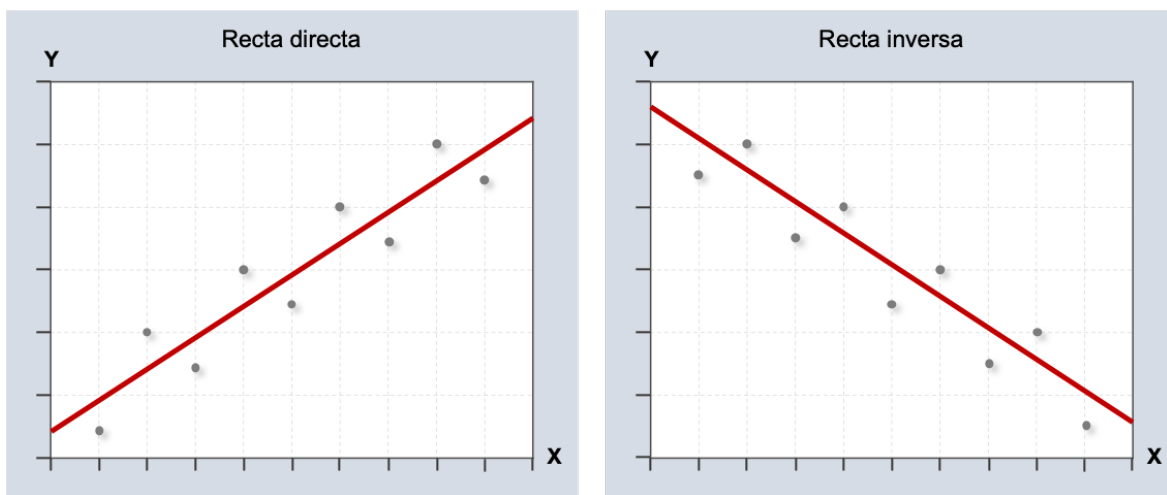
En este sentido, la correlación y el análisis de la base de datos se realizó con dos métodos estadísticos de correlación univariable: Correlación Lineal Simple (RLS) y Medias por Intervalo de Sensación Térmica (MIST), los cuales son utilizados con mayor frecuencia en los estudios de confort térmico.

Después de realizar el análisis de datos con ambos métodos estadísticos fue posible identificar que el MIST fue el que ofrecía mayor consistencia en cuanto a los resultados y el coeficiente de determinación, además, un valor de neutralidad y dos rangos de confort de la variable física correlacionada; a diferencia del RLS que solo ofreció un valor de neutralidad y un solo rango de confort de la variable física analizada. A continuación, se describe, en términos generales, ambos métodos de correlación utilizados para el análisis de datos.

#### 4.3.1. Método de Regresión Lineal Simple

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables, éste puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre una variable dependiente (Y) y una variable independiente (X), así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos. Cardona *et al.* (2013) mencionan que, el análisis de la RLS tiene por finalidad predecir o estimar los valores de la variable dependiente (Y) a partir de la obtención de la función lineal de la variable independiente (X); y, para ello, existen medidas que permiten determinar el grado o fuerza de asociación con la que ambas variables se relacionan: coeficiente de determinación y coeficiente de correlación.

Con el trazo de un diagrama de dispersión (nube de puntos) es posible distinguir una idea aproximada sobre el tipo de relación existente entre dos variables (Figura 29), de la misma forma, éste puede ser utilizado como una manera de cuantificar el grado de relación lineal existente entre esas variables. Los diagramas indican que a mayor dispersión existe menor grado o fuerza de asociación entre las variables.



**Figura 29.** Diagramas de dispersión resultantes de un análisis de la RLS.

**Fuente:** Elaboración propia con en Cardona *et al.* (2013).

Cardona *et al.* (2013) sugieren que, para calcular matemáticamente la línea de regresión, se puede hacer uso de la ecuación de la recta donde la variable dependiente Y está determinada por la variable independiente X: (ec. 4)

$$y = a + bx$$

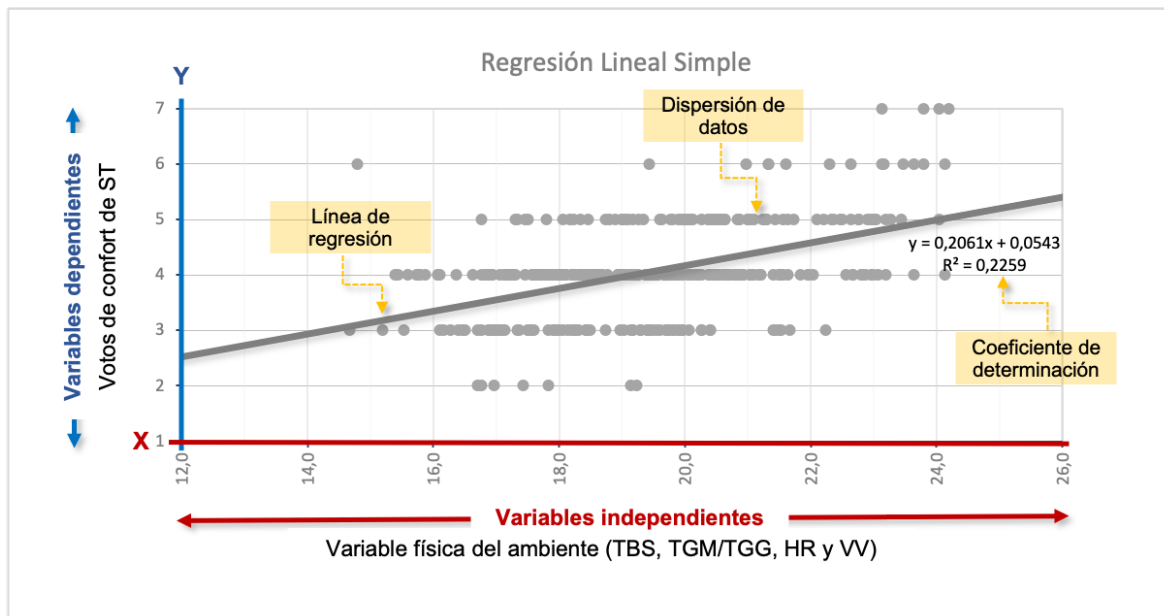
Donde:

a = ordenada en el origen (valor de Y donde la línea de regresión cruza el eje vertical).

b = pendiente de la recta (representa qué tanto cambia la variable dependiente Y por cada unidad de incremento de la variable independiente X).

El coeficiente de determinación ( $r^2$ ): el cuadrado del coeficiente de correlación (r), es una medida estandarizada que toma valores entre 0 (cuando las variables son totalmente independiente) y 1 (cuando entre ellas existe relación perfecta) y se encarga de medir la bondad de ajuste para una ecuación de (González & Bravo, 2003)regresión (Kelmansky, 2010). Por lo tanto, el coeficiente de determinación es la principal forma en que se puede medir el grado o fuerza de asociación existente entre dos variables X y Y.

En esta investigación las variables independientes (no manipulables) fueron las variables físicas del ambiente (TBS, TGN, HR y VV) mientras que las variables dependientes fue la ST dada por los sujetos de estudio. De acuerdo a lo señalado por Kelmansky (2010) respecto a que la variable respuesta (Y, o variable dependiente) siempre se grafica en el eje vertical (eje Y), y la variable predictora (X, o variable independiente) en el eje horizontal (eje X), así que, durante la correlación de datos a partir del modelo de RLS, el diagrama de dispersión se generó a partir del trazado de los votos de confort de ST sobre el eje Y y las magnitudes de variable física sobre el eje X (Figura 30).



**Figura 30.** Gráfica de Regresión Lineal Simple.

**Fuente:** Elaboración propia.

El propósito de este estudio es estimar las condiciones óptimas y los rangos de tolerancia térmica a partir de la magnitud de cada una de las variables físicas que intervienen en la percepción térmica por lo que fue necesario despejar a x de la función lineal obtenida por la recta de regresión y dar a y un valor igual a 4 (categoría equivalente al confort térmico en la ST: ni calor ni frío) con el fin de obtener el valor neutral de la variable física analizada y los rangos de confort con base en la estimación de los límites a partir de valores de y (ST) iguales a 3,5 y 4,5, de según González y Bravo (2003).

Con lo anterior, fue posible identificar que el factor determinante que permitió analizar la consistencia de cada resultado y el grado de relación entre ambas variables, fueron los

coeficientes de determinación ( $r^2$ ) y de correlación ( $r$ ). Con base en los estudios de Bedford (1936) se establecen los siguientes rangos respecto al valor del coeficiente de determinación:

- 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 moderada.
- 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 ST de la muestra.

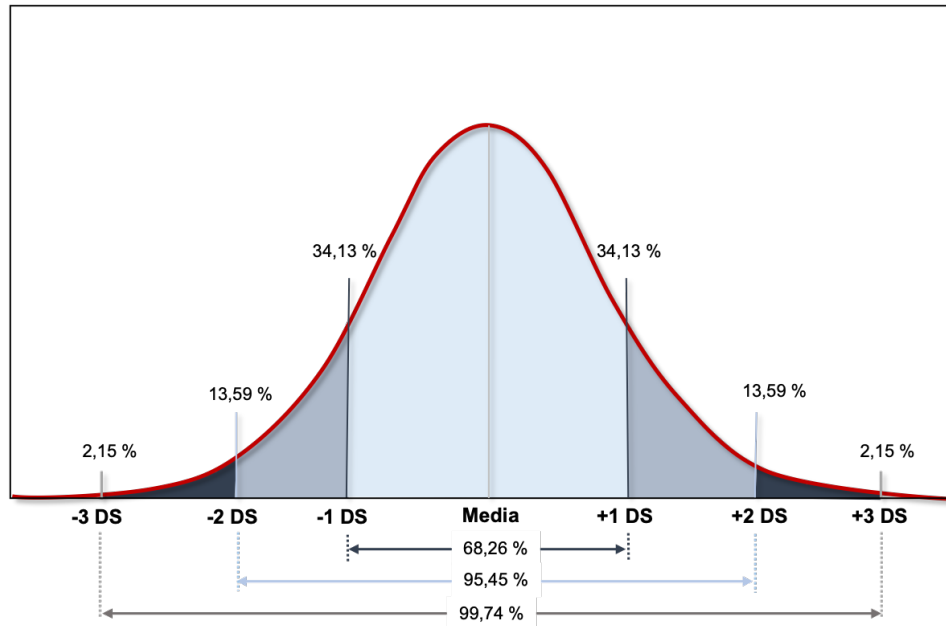
Con base en la aplicación de este modelo durante el análisis de datos, fue posible identificar que una de las ventajas de este procesamiento es que es posible estimar el valor neutral y los rangos de confort de cualquier variable física analizada respecto a la ST percibida por los sujetos de estudio. Por el contrario, una desventaja identificada fue que el valor del coeficiente de determinación normalmente resulta por debajo de 0,5, lo que en términos de confort térmico responde a una correlación baja, por lo tanto, a un alto grado de dispersión de la muestra.

#### **4.3.2. Medias por intervalo de sensación térmica**

El método estadístico de correlación de Medias por Intervalos de Sensación Térmica (MIST) fue planteado por Gómez-Azpeitia *et al.* (2007), el cual fue desarrollado con base en la propuesta de Nicol (1993); éste consiste, en términos generales, en utilizar la estadística descriptiva en la estimación de un valor neutral de temperatura. Uno de los conceptos clave de este método es el de regresión lineal simple

La diferencia fundamental con el método de RLS es que antes de obtener la línea de regresión que caracteriza a la muestra estudiada, se determinan grupos o estratos de la misma para calcular el valor promedio y la desviación estándar (DS) de cada una de ellos con el objetivo de determinar el valor medio de temperatura de todas las respuestas de cada categoría. De esa manera, la regresión no se hace con todos los pares de datos de la muestra, sino sólo con los valores medios y los rangos se establecen mediante la adición y sustracción de una o dos veces la DS de la muestra. El objetivo de este procedimiento es determinar el valor medio de la variable física analizada (TBS, TGN, HR y VV) de todas las respuestas comprendidas en cada categoría de ST, de esta manera se calcula el valor promedio de las diversas magnitudes de variable física registradas durante el periodo de estudio.

La desviación estándar, también conocida como desviación típica, es una medida utilizada para cuantificar la variación o la dispersión de un conjunto de datos numéricos. Según Reynaga (2007), se estima que para datos normalmente distribuidos, el rango de  $\pm 1$  DS incluye al 68,26 % de las respuestas dadas por los evaluados, el rango de  $\pm 2$  DS incluye al 95,45 % de ellas, y, el rango  $\pm 3$  DS incluye al 99,74 % como se puede apreciar en la Figura 31.



**Figura 31.** Rangos de la desviación estándar para datos normalmente distribuidos.

**Fuente:** Elaboración propia con base en Reynaga (2007).

Con el MIST fue posible estimar:

- El valor neutral de la variable física analizada a partir de la ST percibida por los sujetos de estudio, esto apoyado en la RSL derivada de las medias aritméticas obtenidas de las diferentes magnitudes de variables físicas registradas en cada categoría de ST por periodo de estudio.
- Los rangos de confort con base en las regresiones lineales derivadas de la suma y la sustracción a la media aritmética, de una y dos veces la DS de los datos analizados por categoría de ST.

En la Figura 32 se muestra un diagrama general del análisis de datos con el método estadístico MIST y su adaptación a esta investigación, y posteriormente se detalla el procedimiento de correlación estadística que se siguió.

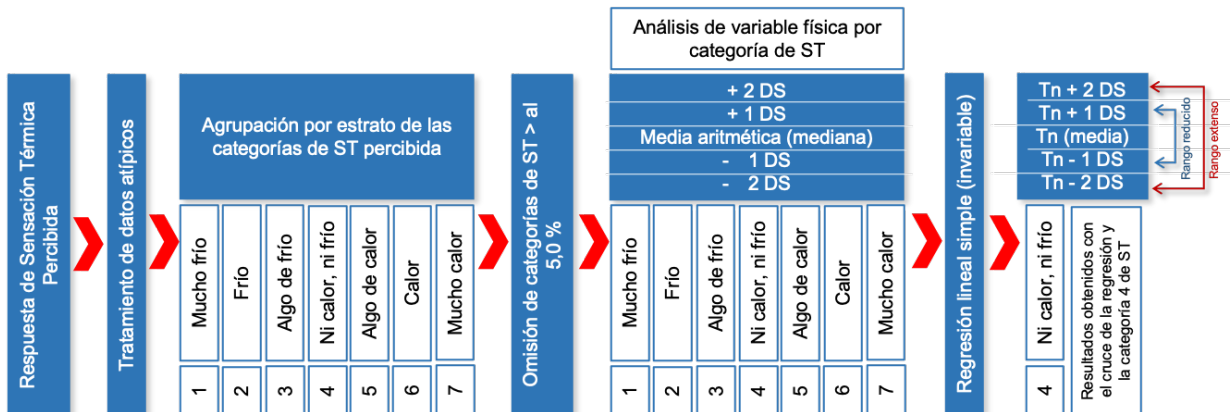
Descripción del procedimiento:

1. Generación de una base de datos por periodo a partir de la captura de los datos recabados en los cuestionarios en cada una de las evaluaciones levantadas.
2. Preparación de la base de datos (limpieza de datos atípicos).
3. Agrupación de las respuestas a partir de la categoría de ST registrada en el formato del cuestionario.
4. Preparación de la base de datos mediante la omisión de categorías de ST inferiores al 5,0 % del total.
5. Cálculo de la media aritmética y de la DS por categoría de ST.
6. Trazo de las regresiones lineales simples:

**Figura 32.** Diagrama general del procesamiento de datos a partir del método estadístico del MIST y su adaptación a esta investigación.

**Fuente:** Elaboración propia con base en Bojórquez (2010).

- a) Regresión lineal simple a partir de los datos resultantes al adicionar dos veces la DS a la media aritmética (RLS + 2 DS) para obtener el valor del límite superior del rango de confort extenso.
  - b) Regresión lineal simple a partir de los datos resultantes al adicionar una vez la DS a la media aritmética (RLS + 1 DS) para obtener el valor del límite superior del rango de confort reducido.
  - c) Regresión lineal simple a partir de medias aritméticas (RLS media) para obtener el valor de neutralidad de la variable física analizada.
  - d) Regresión lineal simple a partir de los datos resultantes al sustraer una vez la DS a la media aritmética (RLS - 1 DS) para obtener el valor del límite inferior del rango de confort reducido.
  - e) Regresión lineal simple a partir de los datos resultantes al sustraer dos veces la DS a la media aritmética (RLS - 2 DS) para obtener el valor del límite inferior del rango de confort extenso.
7. Estimación de los valores correspondientes a la neutralidad y a los límites reducidos y extensos de confort de la variable física analizada, a partir de la abscisa (valor del eje x) resultante por el cruce de la regresión lineal respectiva y la categoría de ST 4



(equivalente al confort térmico) en el diagrama de dispersión.

8. Obtención de los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) y las ecuaciones lineales resultantes por cada RLS trazadas.
9. Análisis fenomenológico de los resultados (interpretación de las gráficas).

Las ventajas observadas con la aplicación de este método estadístico de correlación fueron:

- Ofrecer mayor consistencia en resultados y mayor valor en el coeficiente de determinación.
- Además de estimar el valor de neutralidad, es posible conocer los valores límites de dos rangos de confort: Reducido (considera el 68,3 % de la población) y extenso (considera el 95,5 % de la población).
- Es posible una interpretación fenomenológica más precisa.

Una de las desventajas de este método estadístico es que el valor de la  $r^2$  resulta elevado en cada una de las RSL porque éstas son producto de valores medios y la sustracción y adición de DS, lo que implica que el valor de la  $r^2$  no sería el mismo si las RLS fueran producto del total de pares de datos considerados en la nube de puntos.

## Capítulo V RESULTADOS

Como bien se menciona en el capítulo anterior, durante el análisis y el procesamiento de datos no hubo distinción de edad, de sexo, actividad metabólica o nivel de arropamiento en los sujetos evaluados, con el fin de estimar valores genéricos aplicables a toda la población blanco y obtener rangos de confort térmico que ayuden a la toma de decisiones en el diseño de espacios exteriores. En el levantamiento de evaluaciones, se obtuvo tanto la percepción térmica en el ambiente para el participante, así como la percepción hídrica y eólica, sin embargo, de acuerdo con los alcances de esta investigación, solo la ST fue correlacionada con la TBS, la TGN, la HR y la VV.

El total de observaciones procesadas fueron de 377 en el periodo cálido (septiembre y octubre) y 670 en el periodo frío (enero y febrero), la correlación y el análisis de la base de datos se realizó con los dos métodos descritos en el apartado 4.3 Métodos estadísticos univariados de correlación de datos (*pág. 54*), correspondientes a la RLS y al MIST, en los que fue posible estimar, en ambos casos, el valor neutral de temperatura, de humedad y de viento, además de un rango de confort de las mismas variables, en el caso de la RLS; y, dos rangos de confort (reducido y extenso) con el MIST, en el que, de acuerdo a los estudios realizados por Gómez-Azpeitia *et al.* (2009); Bojórquez (2010); Ruiz (2011); y, Rincón (2015), para que los resultados obtenidos adquieran validez, la muestra procesada debe ser superior a 120 observaciones por periodo de estudio, lo que en este caso implicó una validez efectiva por la cantidad de observaciones procesadas en cada caso.

A modo de comparación, el procesamiento de datos se llevó a cabo mediante el método de la RLS, simultáneamente con el MIST con el fin de lograr obtener un referente de valores diferenciados entre los obtenidos con cada uno de los métodos de análisis, con el propósito

de establecer cual de los dos podría aplicarse con mayor precisión a las condiciones climáticas locales de Ensenada. Si bien es cierto, la RLS es el método estadístico más utilizado a nivel internacional por los estudiosos de este fenómeno, no deja de ser simplemente estadístico, a diferencia del MIST, quien considera un comportamiento fenomenológico además del estadístico y ser uno de los más utilizados en México y en algunos países de América del Sur.

Lo anterior, se realizó a partir de la correlación univariable establecida entre la ST y la magnitud de cada una de las variables físicas registradas en cada evaluación. Los resultados se interpretaron conjuntamente, desde un enfoque estadístico y otro fenomenológico, con el fin de entender la adaptación psicológica, la aclimatación y el comportamiento de las personas estudiadas.

En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos de cada variable física analizada, por periodo de estudio y por método estadístico. Adicionalmente, se describen las condiciones térmicas particulares a partir de las cuales fueron aplicadas las evaluaciones en cada uno de los periodos de estudio, así mismo, se desarrolla un análisis estadístico-fenomenológico de los valores resultantes para cada caso (valor de neutralidad y rangos de confort), y, por último, se muestra una tabla comparativa de los valores resultantes con ambos métodos utilizados.

### 5.1. Correlación de datos en el periodo frío

El levantamiento de evaluaciones para el periodo frío se llevó a cabo al iniciar las clases del ciclo escolar 2020-1, el día 27 de enero y hasta el día 28 de febrero del 2020. Revela Huerta (2018), que el periodo frío en la ciudad de Ensenada, Baja California, va desde diciembre hasta mayo. Como indican Fuentes y Figueroa (1990), los horarios en que se dan las condiciones higrotérmicas extremas en un día típico son a las 06 h 00 y a las 15 h 00. Sin embargo, por circunstancias de disponibilidad del recurso humano, estos horarios tuvieron que ajustarse sin desfasarse en gran medida de las horas higrotérmicas extremas, por lo que los horarios fueron, en promedio, en intervalos de 08 h 00 a 11 h 00 para el turno matutino y de 14 h 00 a 17 h 00 para el turno vespertino. Los días precisos en los que se desarrollaron los estudios fue de lunes a viernes (días hábiles para la Universidad), a excepción de algunos casos en donde por cuestiones académicas, administrativas o de acuerdo a las condiciones meteorológicas (ya que fue en espacio exterior) fue necesario suspender las evaluaciones.

El total de observaciones recabadas en este periodo fueron 745, sin embargo, de esa muestra, sólo fueron procesadas 670 observaciones (350 mujeres y 320 hombres), la diferencia entre la muestra recabada y la muestra procesada correspondió a 75 observaciones, las cuales fueron omitidas por considerarse observaciones atípicas.

Las categorías de ST en las que se concentró la mayor cantidad de observaciones fueron la tercera (algo de frío) con 278 observaciones y la cuarta (ni calor, ni frío) con 225 observaciones, concentrando entre ambas, un porcentaje importante en el total a las RSTP, correspondiente al 75 % de ellas, en este caso.

De acuerdo con el análisis climático de Huerta (2018), para este periodo de estudio:

- La temperatura máxima promedio es de 19,2 °C, la media de 14,2 °C y la mínima promedio de 9,2 °C;
- La humedad relativa máxima promedio es de 89,5 %, la media de 70,7 % y la mínima promedio de 46,2 %; y,
- Los vientos tienen origen en el Oeste con una velocidad promedio de 2,8 m/s y una máxima de 3,5 m/s.

Los datos obtenidos por Huerta (2018), derivan de un análisis climático de un periodo de registro de 18 años (del 2000 al 2017) de la ciudad de Ensenada.

#### **5.1.1. Estimación de la Temperatura de Bulbo Seco a partir de la Sensación Térmica**

##### **Método de correlación univariable MIST:**

Con base en los votos de confort procesados en la TBS, en el periodo frío y con el método estadístico MIST, fue posible establecer una categoría de ST (tendiente a lo caluroso) por encima de la de confort y tres categorías por debajo de ésta (tendientes a lo frío), teniendo una distribución de las Respuestas de Sensación Térmica Percibida (RSTP) de forma desigual respecto a la categoría cuatro de ST de confort, sin embargo, tanto el rango de

confort reducido así como el extenso resultaron asimétricos, con respecto al valor de neutralidad estimado.

La categoría que reflejó un grado mayor de adaptación psicofisiológica por parte de los sujetos, fue la tercera, teniendo un valor de DS superior a las demás. Por lo tanto, se entiende que la amplitud individual de la DS en cada categoría de ST (medida de la dispersión de los puntos) corresponde con el grado de adaptación psicofisiológica del segmento de la muestra analizada, es decir, a mayor amplitud de la DS (o mayor dispersión de puntos), mayor adaptación a las condiciones térmicas del ambiente, y a menor amplitud de la DS (o mayor concentración de puntos), menor adaptación de la muestra respecto a las condiciones del ambiente térmico

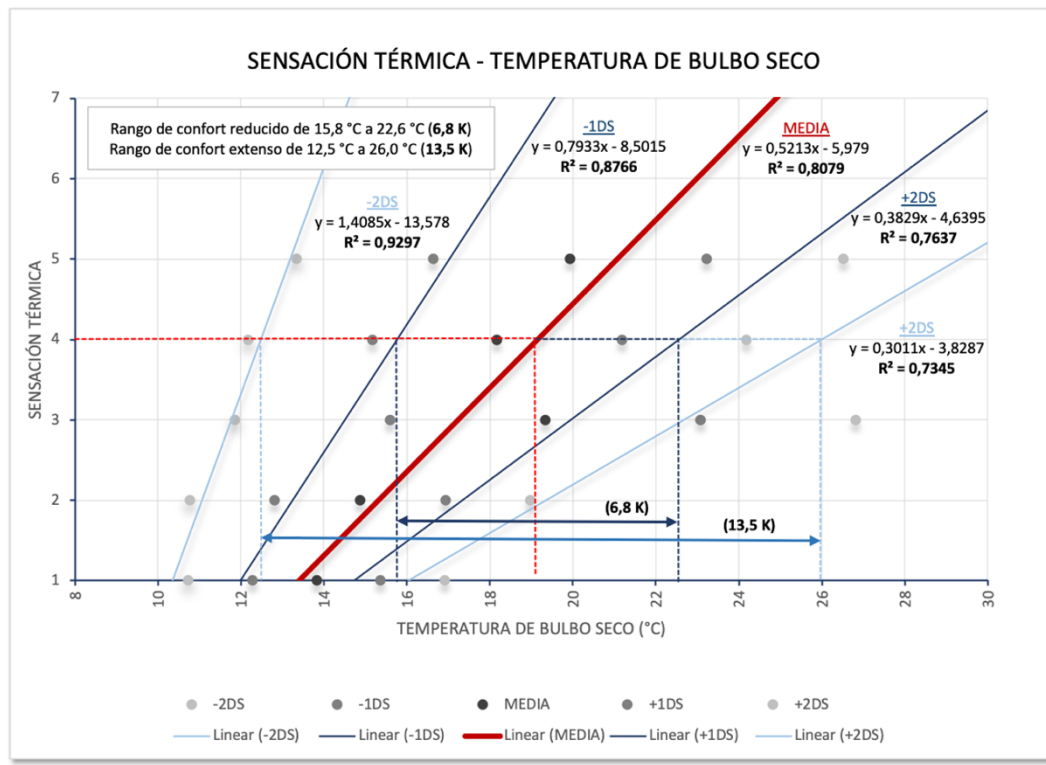
Lo anterior fue resultado del análisis y la observación analítica y gráfica realizada para este estudio, de la misma manera, se permite visualizar que la cantidad de observaciones no está precisamente ligada al grado de adaptación psicofisiológica de la muestra evaluada, no así, la amplitud de la DS permite conocer el grado de adaptación que la muestra estudiada ha adoptado bajo las condiciones de cada caso específico. Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 33, en la tabla se aprecia que el número de RSTP (fila lateral derecha), en la escala de ST cuatro rebasó significativamente al de la escala cinco, con una diferencia de 144 observaciones, sin embargo, en ésta última, se obtuvo un valor mayor en la DS, lo que significa que las personas estudiadas reflejaron una mayor adaptación térmica en la categoría de Algo de Calor.

### SENSACIÓN TÉRMICA – TEMPERATURA DE BULBO SECO: ENERO Y FEBRERO

Observaciones procesadas: 670 (350 de mujeres y 320 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

SENSACIÓN TÉRMICA	TEMPERATURA DE BULBO SECO							RSTP
	ESCALA	DS	-2DS	-1DS	MEDIA	+1DS	+2DS	
Mucho Calor	7	-	-	-	-	-	-	0
Calor	6	-	-	-	-	-	-	0
Algo de Calor	5	3,3	13,3	16,6	19,9	23,2	26,5	81
Ni Calor, Ni frío	4	3,0	12,2	15,2	18,2	21,2	24,2	225
Algo de Frío	3	3,7	11,8	15,6	19,3	23,1	26,8	278
Frío	2	2,1	10,8	12,8	14,9	16,9	19,0	75
Mucho Frío	1	1,5	10,7	12,3	13,8	15,4	16,9	11

Neutral	12,5	15,8	19,1	22,6	26,0
Amplitud	6,6	3,3	(+)	3,5	6,9
Rango reducido	↔ 6,8 K ↔				
Rango extenso	↔ 13,5 K ↔				



**Figura 33.** Análisis correlacional de la ST y la TBS a partir del MIST en el periodo frío (enero y febrero).  
Fuente: Elaboración propia.

A su vez, fue posible apreciar que la RLS media (producto de la correlación de los pares de datos medios de cada categoría de ST involucrada en el análisis), resulta con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0,8079, lo que equivale a una correlación de variables alta, según Bojórquez (2010). Las RLS de los límites inferiores y superiores de los rangos de confort (reducido y extenso), es decir, las RLS de - 2 DS, - 1 DS, +1 DS y + 2 DS, reflejan una marcada convergencia respecto a la RLS media conforme a la sensación térmica tiende a la frío, lo que indica un grado mayor de adaptación a temperaturas superiores a la

temperatura neutra ( $T_n$ ) frente a condiciones de temperaturas por debajo de ésta; por lo tanto, entre más proximidad haya entre las RLS se tiene una menor capacidad de adaptación, mientras que entre más alejadas se encuentren entre sí, se tiene mayor capacidad de adaptación.

La estimación del valor de neutralidad de la TBS respecto a la ST percibida por los sujetos en el periodo frío para el total de observaciones resultó en **19,1 °C**, el rango de confort reducido se estimó de **15,8 °C a 22,6 °C** con un intervalo de 6,8 K, y, el rango de confort extenso se estimó de **12,5 °C a 26,0 °C** con un intervalo de 13,5 K; como se puede apreciar, ambos rangos de confort resultaron proporcionales entre sí.

El rango de temperatura que ofrece el ambiente va de 9,2 °C a 19,2 °C (Huerta, 2018), lo que implica que las condiciones mínimas dadas en este periodo (9,2 °C), por lo regular en las mañanas, son inferiores a las mínimas requeridas (obtenidas en este estudio) para el confort (12,5 °C), por lo que es necesario para las personas optar por mecanismos para adaptarse a condiciones frías, por otro lado, las condiciones más cálidas (19,2 °C) que se presentan por la tarde, son óptimas de acuerdo al valor de neutralidad estimado (19,1 °C), por lo que las personas podrían sentirse en confort, referente a la temperatura, en el periodo frío alrededor de las 15 h 00.

Cabe mencionar que los valores mínimos y máximos registrados para el estudio del confort térmico en espacios exteriores, corresponden a 11, 5 °C y 29,3 °C respectivamente, teniendo una diferencia considerable en el valor máximo, referente al análisis Huerta (2018), siendo de 10,1 °C, lo cual indica que, en enero y febrero del 2020 se presentaron condiciones más cálidas con respecto al promedio de valores de temperatura obtenidos en estos mismos meses en el periodo de 2000 a 2017 del autor mencionado.

#### **Método de correlación univariable RLS:**

Con base en los votos de confort procesados en la TBS, con el método estadístico de RLS, fue posible estimar las condiciones óptimas y el rango de tolerancia térmica para el periodo frío. El valor neutral de la temperatura resultó de **20, 5 °C**, los límites inferior y superior del confort fueron de **17, 4 °C y 23,6 °C** respectivamente, con un intervalo de 6,2 K. Así mismo, se identificó que el grado de correlación entre los puntos de dispersión y la recta de regresión es baja, dado que el coeficiente de determinación fue de 0,287, teniendo un alto grado de dispersión en la muestra analizada. Por último, fue posible apreciar que el grado de correlación entre las variables (ST-TBH), de igual forma, es bajo al obtenerse un valor en la pendiente de la recta de 0,1629, indicador muy alejado de la unidad (Figura 34).

#### **Análisis comparativo de los valores estimados en ambos métodos de correlación univariable entre la ST y la TBS:**

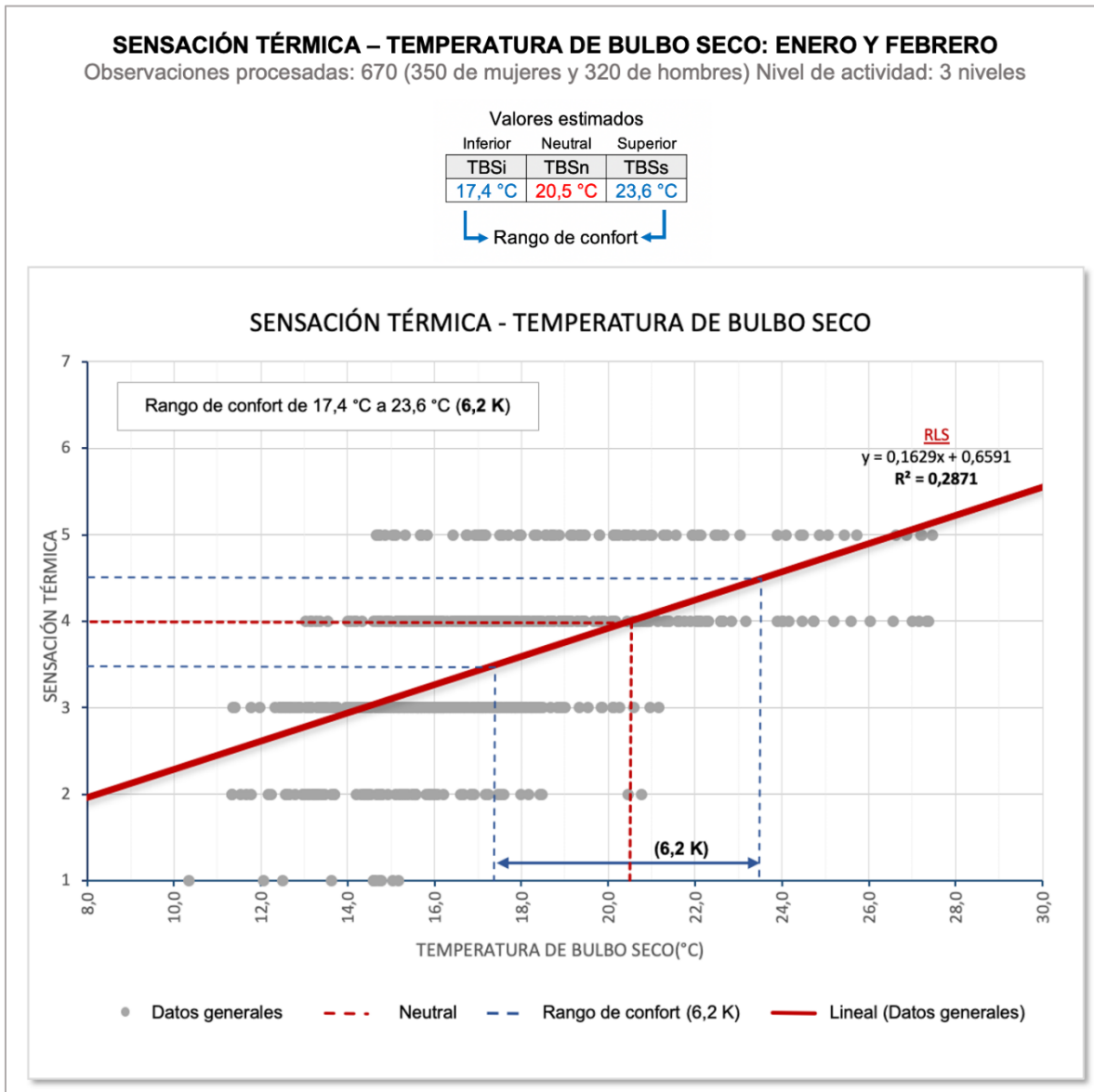
A modo de comparación, en la Tabla 2 se muestran los resultados estimados con ambos métodos estadísticos utilizados.

Los valores neutrales obtenidos en ambos métodos resultaron próximos entre sí, siendo de 19,1 °C en el MIST y 20,5 °C en la RLS, con una diferencia de 1,4 K. El rango de confort que da la RLS se aproxima al rango reducido del MIST, ya que el primero fue de 17,4 °C a 23,6 °C, y el segundo, de 15,8 °C a 22,6 °C con amplitudes de 6,2 K y 6,8 K respectivamente.

**Tabla 2.** Valores estimados con la correlación de la ST-TBS a partir del MIST y la RLS en el periodo frío.

Correlación de la ST-TBS en el periodo frío				
	Valores estimados	Metodo estadístico		Amplitud
		MIST	RLS	
	<b>Neutral</b>	<b>19,1 °C</b>	<b>20,5 °C</b>	
Confort	Rango		17,4 °C a 23,6 °C	6,2 K
	Rango reducido	15, 8 °C a 22,6 °C		6,8 K
	Rango extenso	12,5 °C a 26,0 °C		13,5 K

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 34.** Análisis correlacional de la ST y la TBS a partir de la RLS en el periodo frío (enero y febrero).

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2. Estimación de la Temperatura de Globo Negro a partir de la Sensación Térmica

Como bien se menciona en la Correlación de datos en el periodo frío (pág. 61), el total de observaciones recabadas en este periodo fue de 745, sin embargo, de esa muestra y para esta variable, sólo fueron procesadas 248 observaciones (116 mujeres y 132 hombres), la diferencia entre la muestra recabada y la muestra procesada correspondió, por una parte, a 75 observaciones consideradas atípicas, y, por otra parte, a 422 observaciones recabadas con la Temperatura de Globo Gris (TGG) y no a la TGN como tal.

#### Método de correlación univariable MIST:

Con base en los votos de confort procesados en la TGN, en el periodo frío y con el método estadístico MIST, fue posible establecer una categoría de ST (tendiente a lo caluroso) por encima de la de confort y tres categorías por debajo de ésta (tendientes a lo frío), teniendo una distribución de las RSTP de forma desigual respecto a la categoría cuatro de ST de confort, sin embargo, tanto el rango de confort reducido así como el extenso resultaron asimétricos, con respecto al valor de neutralidad estimado.

Desde la segunda categoría (frío) hasta la quinta (algo de calor), las DS resultaron con un valor de 2,8, lo cual indica que, en todas éstas, se reflejó un alto grado de adaptación psicofisiológica por parte de los sujetos, a diferencia de la ST *mucho frío* en la cual se obtuvo una DS de 1,1 (valor inferior a las demás).

Así mismo, fue posible apreciar que la RLS media resulta con una  $r^2$  de 0,9585, lo que equivale a una correlación de variables muy alta, teniendo certeza en la concentración de respuestas (muestra no dispersa), según Bojórquez (2010). Las RLS de  $-1$  DS + 1 DS y + 2 DS reflejan una marcada convergencia respecto a la RLS media conforme la ST tiende a lo frío, lo cual indica que se tuvo una mayor adaptación a temperaturas por encima de la media (tendientes a lo caluroso), mientras que, la RLS de  $-2$  DS muestra un comportamiento contrario a las anteriores, por lo que un 13,59 % de los sujetos estudiados, no logró adaptarse a temperaturas calurosas.

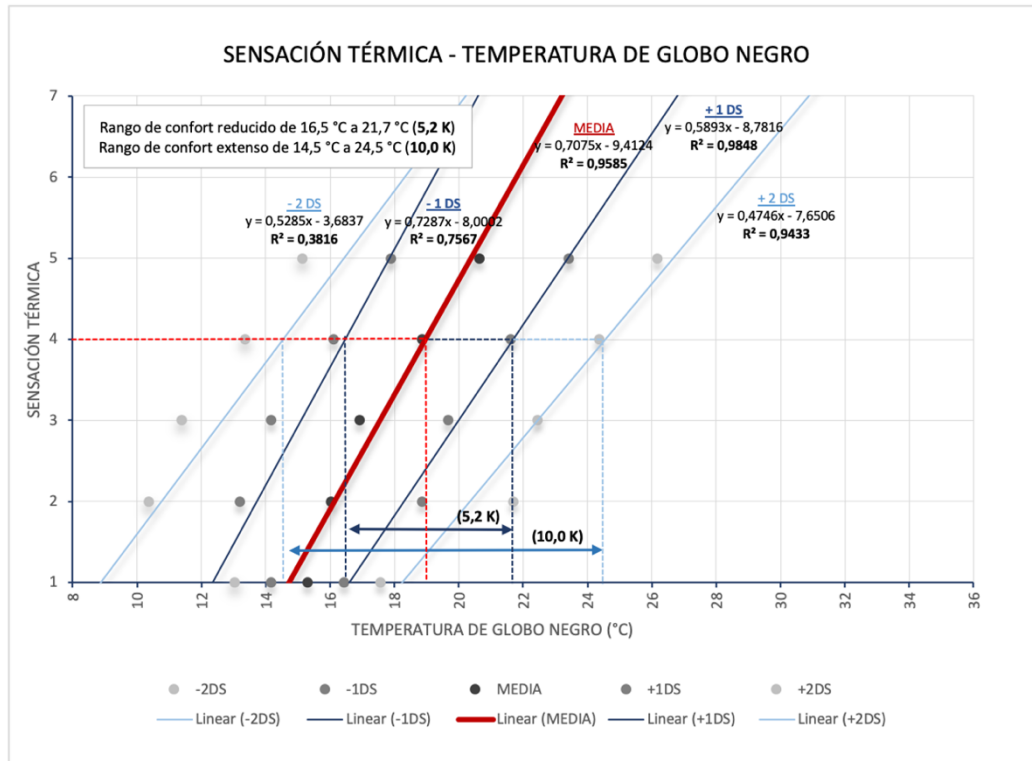
La estimación del valor de neutralidad de la TGN respecto a la ST percibida por los sujetos en el periodo frío para el total de observaciones resultó en **19,0 °C**, el rango de confort reducido se estimó de **16,5 °C a 21,7 °C** con un intervalo de 5,2 K, y, el rango de confort extenso se estimó de **14,5 °C a 24,5 °C** con un intervalo de 10,0 K (Figura 35).

### SENSACIÓN TÉRMICA – TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO: ENERO Y FEBRERO

Observaciones procesadas: 248 (116 de mujeres y 132 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

SENSACIÓN TÉRMICA	TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO							RSTP
	ESCALA	DS	-2DS	-1DS	MEDIA	+1DS	+2DS	
Mucho Calor	7	-	-	-	-	-	-	0
Calor	6	-	-	-	-	-	-	0
Algo de Calor	5	2,8	15,0	17,8	20,6	23,4	26,2	13
Ni Calor, Ni frío	4	2,8	13,3	16,1	18,9	21,7	24,5	54
Algo de Frío	3	2,8	11,3	14,1	16,9	19,7	22,5	116
Frío	2	2,8	10,4	13,2	16,0	18,8	21,6	54
Mucho Frío	1	1,1	13,0	14,2	15,3	16,4	17,6	11

Neutral	14,5	16,5	19,0	21,7	24,5
Amplitud	4,5	2,5	(+)	2,7	5,5
Rango reducido	↔		5,2 K	↔	
Rango extenso	↔		10,0 K	↔	

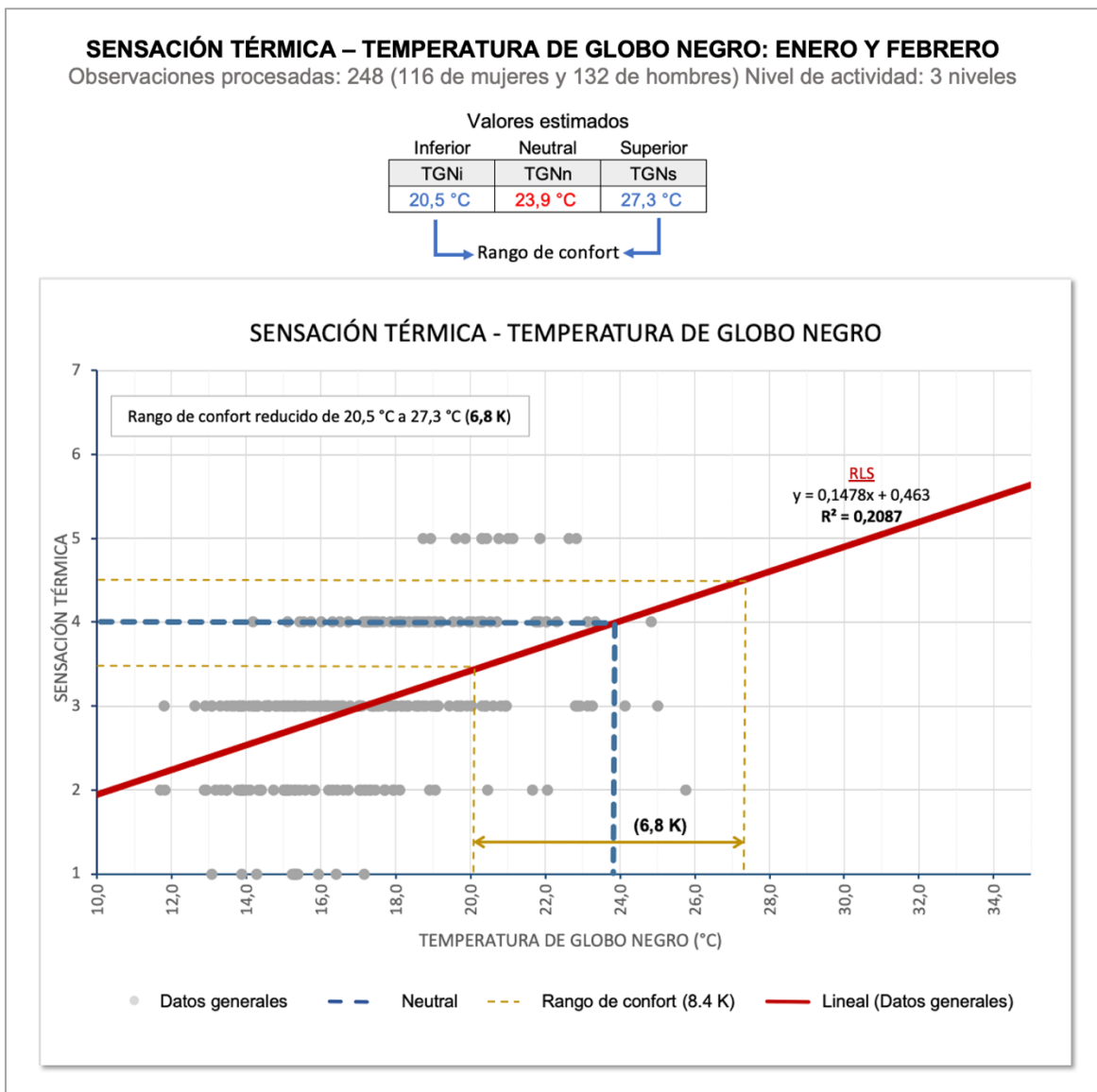


**Figura 35.** Análisis correlacional de la ST y la TGN a partir del MIST en el periodo frío (enero y febrero).

**Fuente:** Elaboración propia.

### Método de correlación univariable RLS:

Con base en los votos de confort procesados en la TGN, con el método estadístico de RLS, fue posible estimar las condiciones óptimas y el rango de tolerancia térmica para el periodo frío. El valor neutral de la temperatura resulto de **23,9 °C**, los límites inferior y superior del confort fueron de **20,5 °C** y **27,3 °C** respectivamente, con un intervalo de 6,8 K. Así mismo, se identificó que el grado de correlación entre los puntos de dispersión y la recta de regresión es baja, dado que la  $r^2$  fue de 0,2087, teniendo un alto grado de dispersión en la muestra analizada al ser un valor inferior al 0,5 (Bojórquez, 2010). Por último, fue posible apreciar que el grado de correlación entre las variables (ST-TGN), de igual forma, es bajo al obtenerse un valor en la pendiente de la recta de 0,1478, indicador muy alejado de la unidad (Figura 36).



**Figura 36.** Análisis correlacional de la ST y la TGN a partir de la RLS en el periodo frío (enero y febrero).  
**Fuente:** Elaboración propia.

### Análisis comparativo de los valores estimados en ambos métodos de correlación univariable entre la ST y la TGN:

Como se muestra en la Tabla 3, los valores neutrales obtenidos en ambos métodos fueron de 19,0 °C en el MIST y 23,9 °C en la RLS, teniendo una diferencia de 4,9 °C. Los límites superiores del rango de confort extenso (MIST) y del rango de confort (RLS), resultaron con temperaturas cercanas, siendo de 24,5 °C y 27,3 °C respectivamente, mientras que en el caso de los límites inferiores, el valor estimado en el MIST resultó por debajo del obtenido en la RLS con 14,5 °C para el primero y 20,5 °C para el segundo.

**Tabla 3.** Valores estimados de la correlación de la ST-TGN con el MIST y la RLS en el periodo frío.

Correlación de la ST-TGN en el periodo frío				
	Valores estimados	Metodo estadístico		Amplitud
		MIST	RLS	
	<b>Neutral</b>	<b>19,0 °C</b>	<b>23,9 °C</b>	
Confort	Rango		20,5 °C a 27,3 °C	6,8 K
	Rango reducido	16,5 °C a 21,7 °C		5,2 K
	Rango extenso	14,5 °C a 24,5 °C		10,0 K

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3. Estimación de la Humedad Relativa a partir de la Sensación Térmica

#### Método de correlación univariable MIST:

Para la correlación de la HR con la ST en el periodo frío, se decidió omitir las 11 RSTP de la categoría uno (mucho frío) ya que ésta representaba menos del 5 % del total de observaciones y al no omitirla, en esta ocasión, resultaba un comportamiento irregular en las RLS, por lo tanto, resultados inciertos. Al no contemplar la categoría mencionada, como se muestra en la Figura 37, se generaron mejores resultados a partir del valor de la  $r^2$  (0,5331) en la media, correspondiente a una correlación media, con una concentración de la muestra moderada, según Bojórquez (2010).

Con base en los votos de confort procesados en la HR y con el método estadístico MIST, fue posible establecer una categoría de ST (tendiente a lo caluroso) por encima de la de confort y dos categorías por debajo de ésta (tendientes a lo frío), teniendo una distribución de las RSTP de forma desigual respecto a la categoría cuatro de ST de confort.

La categoría que reflejó un grado mayor de adaptación psicofisiológica por parte de los sujetos, fue la segunda (frío) teniendo un valor de DS superior a las demás, seguida por la quinta con una diferencia de 3,6 DS.

Las RLS de los límites inferiores y superiores de los rangos de confort (reducido y extenso), reflejan una marcada convergencia respecto a la RLS media conforme a la sensación térmica tiende a lo frío, lo que indica un grado mayor de adaptación a temperaturas superiores a la  $T_n$  frente a condiciones de temperaturas por debajo de ésta.

### SENSACIÓN TÉRMICA – HUMEDAD RELATIVA: ENERO Y FEBRERO

Observaciones procesadas: 659 (346 de mujeres y 313 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

SENSACIÓN TÉRMICA	HUMEDAD RELATIVA							RSTP
	ESCALA	DS	-2DS	-1DS	MEDIA	+1DS	+2DS	
Mucho Calor	7	-	-	-	-	-	-	0
Calor	6	-	-	-	-	-	-	0
Algo de Calor	5	18,8	5,8	24,6	43,4	62,2	81,1	81
Ni Calor, Ni frío	4	18,0	17,2	35,2	53,3	71,3	89,4	225
Algo de Frío	3	17,4	23,9	41,3	58,7	76,1	93,5	278
Frío	2	22,4	4,0	26,4	48,8	71,3	93,7	75
Mucho Frío	1	-	-	-	-	-	-	-

Neutral	23,9	39,8	61,0	83,0	99,9
Amplitud	37,1	21,2	(+)	22,0	38,9
Rango reducido	↔		43,2 %	↔	
Rango extenso	↔		76,0 %	↔	

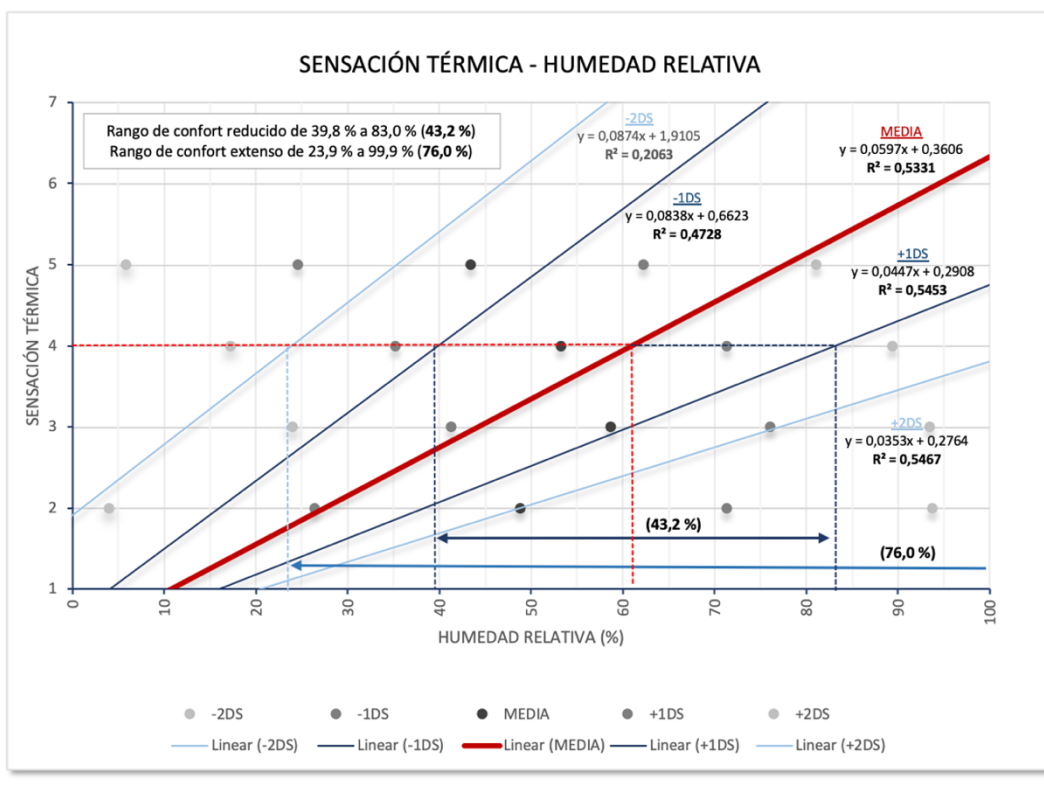


Figura 37. Análisis correlacional de la ST y la HR a partir del MIST en el periodo frío (enero y febrero).

Fuente: Elaboración propia.

La estimación del valor de neutralidad de la HR respecto a la ST percibida por los sujetos en el periodo frío para el total de observaciones resultó en **61,0 %**, el rango de confort reducido se estimó de **39,8 %** al **83,0 %** con un intervalo de 43,2 %, y, el rango de confort extenso se estimó de **23,9 %** al **99,9 %** con un intervalo de 76,0 %. Cabe mencionar, que el límite superior del rango del confort extenso (+2DS), resultado por encima del 100%, sin

embargo, dado a que los valores de la HR van de 0,01 a 99,9 %, el valor máximo interpretado, corresponde al 99,9 %. Por lo anterior, los valores en el eje de las X se acotan al llegar al 100 %, y, la flecha que representa al rango de confort extenso sugiere una continuidad hacia valores mas altos.

El rango de humedad que ofrece el ambiente va del 46,2 % al 89,5 % (Huerta, 2018), el rango de confort reducido (obtenido en este estudio), va del 39,8 % a 83,0 %, alrededor de las 6 h 00, cuando se produce la mayor humedad del día (89,5 %), las personas se sienten en fuera del confort, sin embargo, por las tardes o a lo largo del día se encuentran en condiciones de confort respecto a la humedad.

Cabe mencionar que los valores mínimos y máximos registrados para el estudio del confort térmico en espacios exteriores, corresponden al 10,0 % y al 88,0% respectivamente, teniendo una diferencia considerable en el valor mínimo, referente al análisis Huerta (2018), y, un valor máximo aproximado al del mismo, lo cual indica que, en enero y febrero del 2020 se presentaron condiciones de humedad más bajas con respecto al promedio de valores de humedad mínimos obtenidos en estos mismos meses en el periodo de 2000 a 2017 del autor mencionado.

#### **Método de correlación univariable RLS:**

Al igual que con el MIST, para la correlación de la HR con la ST en el periodo frío, los datos de la categoría uno (mucho frío) fueron omitidos, dado a que representaban menos del 5 % del total de observaciones, sin embargo, aun omitiendo dichos valores, los resultados generaron un grado de correlación entre los puntos de dispersión baja, dado que la  $r^2$  fue de 0,0185, teniendo un alto grado de dispersión, por lo que no hay claridad en la percepción de la ST de la muestra analizada, de acuerdo con Bojórquez (2010).

Con base en los votos de confort procesados en la HR, con el método estadístico de RLS, fue posible estimar un rango de tolerancia higrca para el periodo frío. El valor neutral de la humedad y el limite inferior del rango de confort, resultaron con valores negativos, el limite superior fue de **49,5 %**, como se mencionó en el apartado anterior, los valores de la HR van de 0,01 % a 99,9 %, por lo que fue tomado el valor mínimo real y no el obtenido estadística y gráficamente para el rango de confort estimado; del 0,01 % al 49,5 % con un intervalo del 49,4 % (Figura 38).

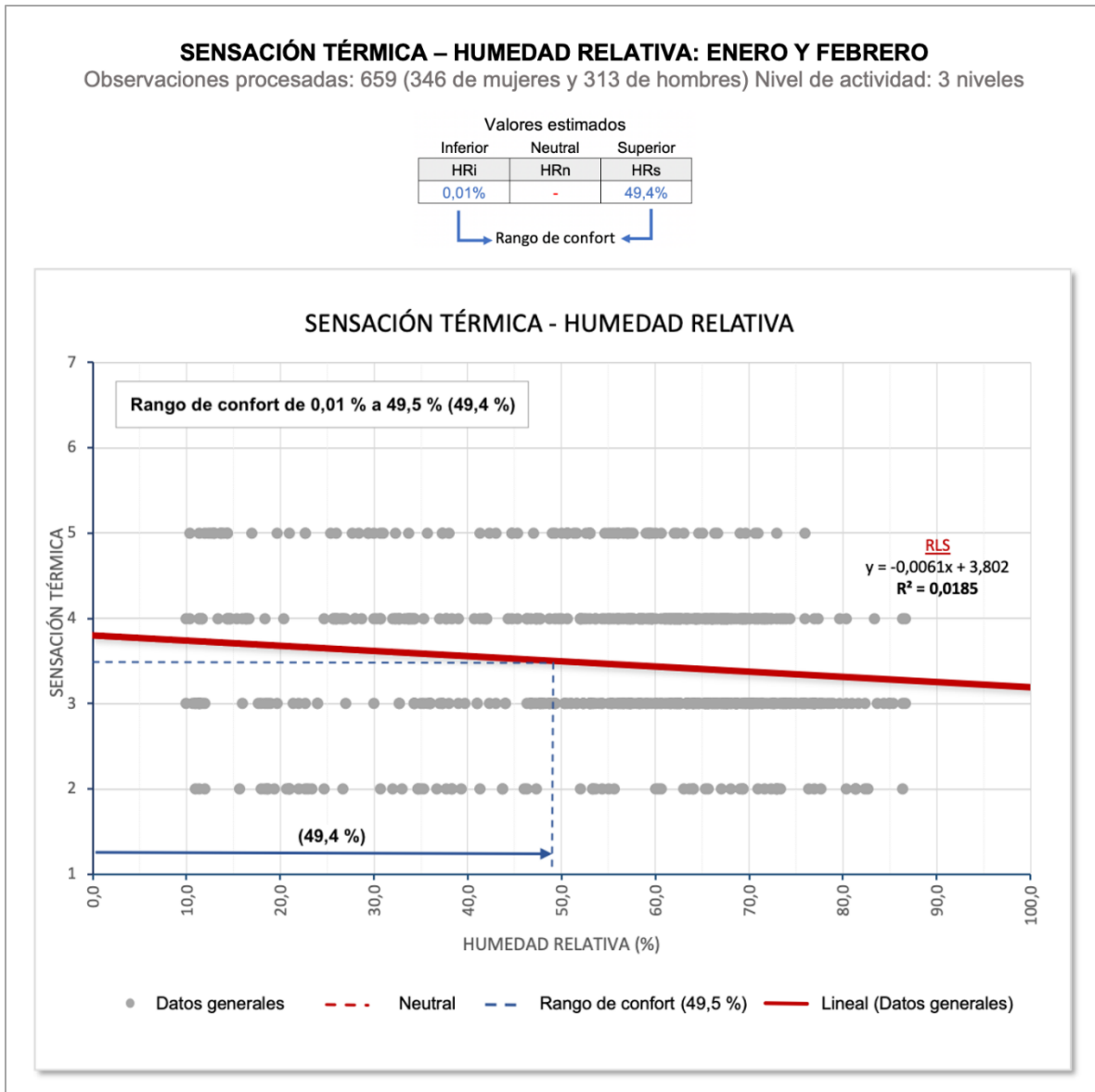
#### **Análisis comparativo de los valores estimados en ambos métodos de correlación univariable entre la ST y la HR:**

Como fue posible identificar, en el MIST se lograron resultados con mayor certeza con referencia a la RLS con respecto al valor de  $r^2$ , en la Tabla 4 se presentan los valores obtenidos en ambos métodos omitiendo la escala de ST de mucho frío. El limite inferior del rango de confort de la RLS, fue mas bajo que los obtenidos con el MIST de una manera significativa, siendo 0,01 % del primero, y, el mínimo del segundo fue de 23,9 %. El valor neutral del MIST fue de 61,0 %.

**Tabla 4.** Valores estimados de la correlación de la ST-HR con el MIST y la RLS en el periodo frío.

Correlación de la ST-HR en el periodo frío				
	Valores estimados	Metodo estadístico		Amplitud
		MIST	RLS	
Confort	Neutral	61,0%	-	
	Rango		0,01% a 49,5 %	49,4%
	Rango reducido	39,8% a 83,0%		43,2%
	Rango extenso	23,9% al 99,9%		76,0%

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 38.** Análisis correlacional de la ST y la HR a partir de la RLS en el periodo frío (enero y febrero).

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.1.4. Estimación de la Velocidad de Viento a partir de la Sensación Térmica

##### Método de correlación univariable MIST:

Con base en los votos de confort procesados en la VV, en el periodo frío y con el método estadístico MIST, fue posible establecer una categoría de ST (tendiente a lo caluroso) por encima de la de confort y tres categorías por debajo de ésta (tendientes a lo frío), teniendo una distribución de las RSTP de forma desigual respecto a la categoría cuatro de ST de confort, por lo que, tanto el rango de confort reducido así como el extenso resultaron asimétricos, con respecto al valor de neutralidad estimado.

La categoría individual que reflejo el valor más alto en la DS fue la primera (mucho frío) con 0,8; las categorías 2, 3 y 5 resultaron con el mismo valor y próximos al anterior, siendo de 0,7. Por lo que se muestra un grado mayor de adaptación psicofisiológica desde la ST mucho frío hasta la de algo de frío, ya que en la categoría 4, se muestra una ligera disminución de la DS.

Fue posible apreciar que la RLS media (producto de la correlación de los pares de datos medios de cada categoría de ST involucrada en el análisis), resulta con una  $r^2$  de 0,3504, lo que equivale a una correlación de variables baja (menor a 0,5), según Bojórquez (2010). Las RLS de los límites inferiores y superiores de los rangos de confort (reducido y extenso), reflejan una convergencia respecto a la RLS media conforme la ST tiende a la caluroso; en este sentido, y asociando la percepción térmica con la magnitud de la variable analizada, esto podría indicar un grado mayor de adaptación al viento a velocidades superiores a la VVn que a condiciones por debajo de ésta.

La estimación del valor de neutralidad de la VV respecto a la ST percibida por los sujetos en el periodo frío para el total de observaciones resultó en **0,7 m/s**, el rango de confort reducido se estimó de **0,1 m/s a 1,3 m/s** con un intervalo de 1,2 m/s, y, el rango de confort extenso se estimó de **0,1 m/s a 1,9 m/s** con un intervalo de 1,8 m/s. Cabe mencionar, que el límite inferior (-2DS), resultado negativo, sin embargo, dado a que en la realidad no existen valores negativos de viento (en todo caso es la ausencia del mismo), el valor mínimo estimado se tomó de 0,1 m/s y no el obtenido estadística y gráficamente (Figura 39).

El viento que ofrece el ambiente en el periodo de estudio, es de una velocidad promedio de 2,8 m/s (Huerta, 2018), lo que implica que las condiciones dadas, están por encima de las máximas obtenidas en este estudio para el confort (1,9 m/s), por lo que las personas requieren de mecanismos para adaptarse a condiciones frías en los espacios exteriores.

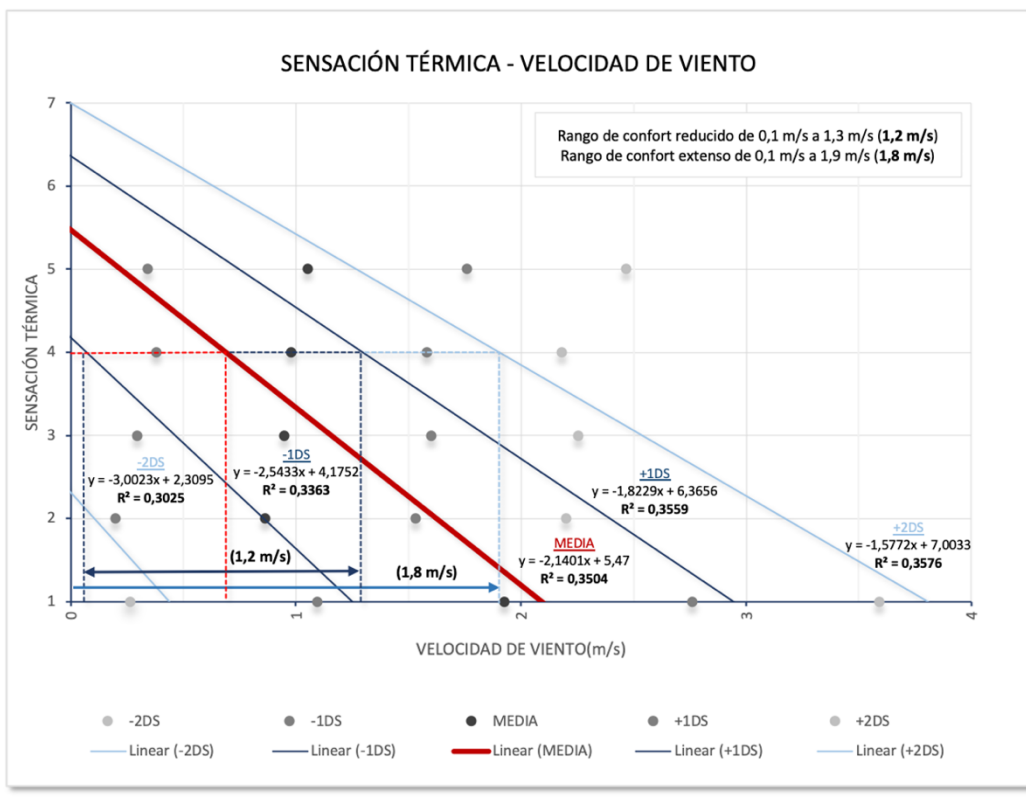
Cabe mencionar que los valores mínimos y máximos registrados para el estudio del confort térmico en espacios exteriores con respecto a la VV, correspondieron a 0,1 m/s y 4,2 m/s respectivamente, con un promedio de 1,1 m/s, los cuales se encuentra por debajo de los valores estimados en del análisis Huerta (2018); siendo el promedio de 2,8 m/s, y el máximo de 3,5 m/s.

### SENSACIÓN TÉRMICA – VELOCIDAD DE VIENTO: ENERO Y FEBRERO

Observaciones procesadas: 670 (350 de mujeres y 320 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

SENSACIÓN TÉRMICA	VELOCIDAD DE VIENTO							RSTP
	ESCALA	DS	-2DS	-1DS	MEDIA	+1DS	+2DS	
Mucho Calor	7	-	-	-	-	-	-	0
Calor	6	-	-	-	-	-	-	0
Algo de Calor	5	0,7	-0,4	0,3	1,1	1,8	2,5	81
Ni Calor, Ni frío	4	0,6	-0,2	0,4	1,0	1,6	2,2	225
Algo de Frío	3	0,7	-0,4	0,3	0,9	1,6	2,3	278
Frío	2	0,7	-0,5	0,2	0,9	1,5	2,2	75
Mucho Frío	1	0,8	0,3	1,1	1,9	2,8	3,6	11

Neutral	0,1	0,1	0,7	1,3	1,9
Amplitud	0,6	0,6	(+)	0,6	1,2
Rango reducido			1,2 m/s		
Rango extenso			1,8 m/s		

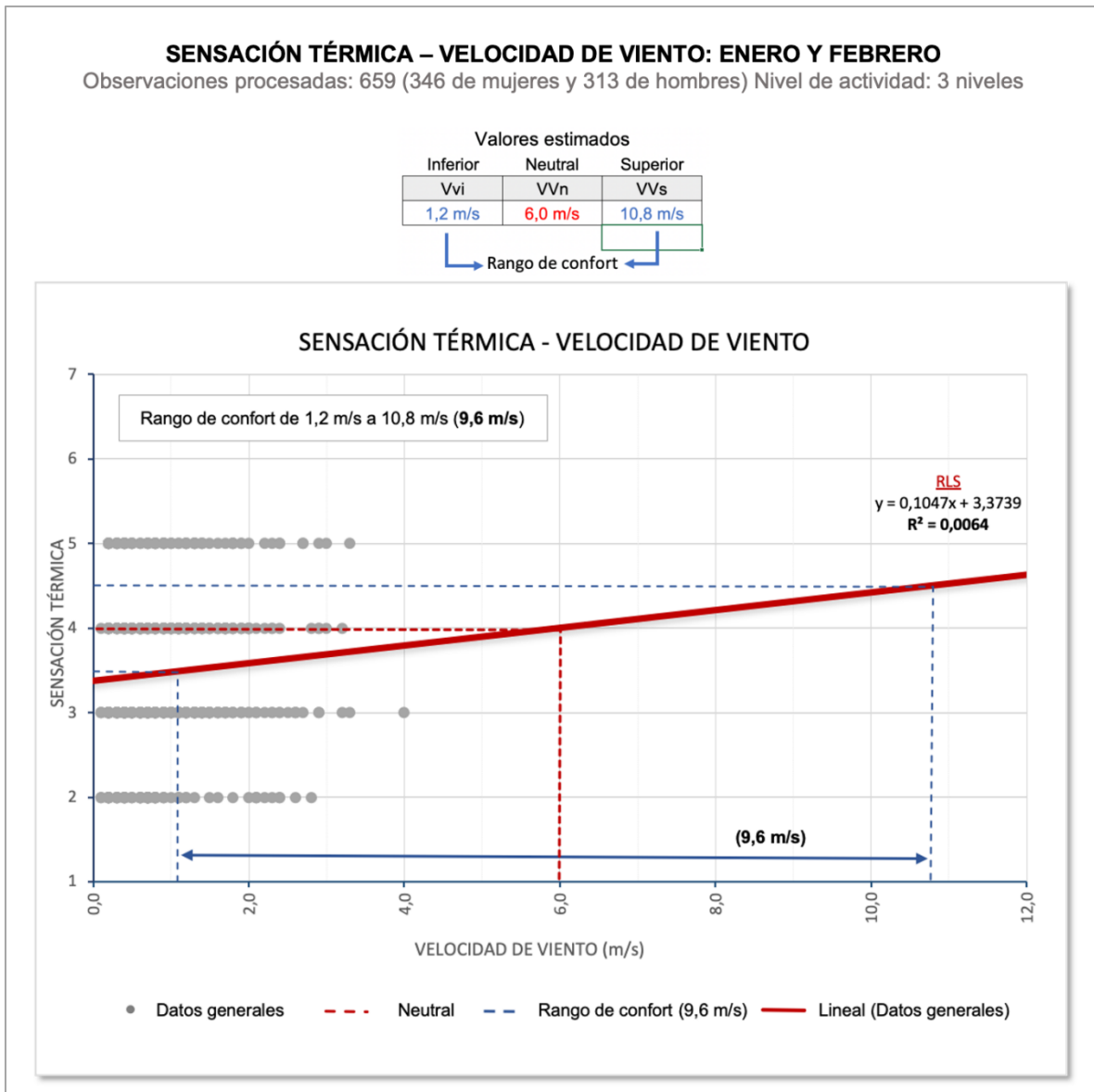


**Figura 39.** Análisis correlacional de la ST y la VV a partir del MIST en el periodo frío (enero y febrero).  
**Fuente:** Elaboración propia.

### Método de correlación univariable RLS:

Para la correlación de la VV con la ST en el periodo frío, los datos de la categoría uno (mucho frío) fueron omitidos, dado que representaban menos del 5 % del total de observaciones (11 RSTP), ya que, al contemplarlas en esta ocasión, resultaba un comportamiento irregular en la RLS, sin embargo, aun omitiendo dichos valores, los resultados generaron un grado de correlación entre los puntos de dispersión baja, dado que el  $r^2$  fue de 0,0064, teniendo un alto grado de dispersión, por lo que no hay claridad en la percepción de la ST de la muestra analizada, de acuerdo con Bojórquez (2010).

Con base en los votos de confort procesados en la VV, con el método estadístico de RLS, fue posible estimar un rango de tolerancia eólica para el periodo frío y el valor neutral de la VV. La VVn se estimó de **6,0 m/s**, los límites inferior y superior del confort fueron de **1,2 m/s** y **10,9 m/s** respectivamente, con un intervalo de 9,6 m/s (Figura 40).



**Figura 40.** Análisis correlacional de la ST y la VV a partir de la RLS en el periodo frío (enero y febrero).

**Fuente:** Elaboración propia.

## Análisis comparativo de los valores estimados en ambos métodos de correlación univariable entre la ST y la VV:

Tanto en el MIST como en la RLS, se puede afirmar que la percepción en la VV no fue clara para los sujetos de estudio, dado que los valores obtenidos en las  $r^2$  fueron menores a 0,5.

Como se aprecia en la Tabla 5, los valores neutrales obtenidos en el MIST y con la RLS, no muestran una relación entre sí, siendo de 1,2 m/s y 6,0 m/s respectivamente, con una diferencia de 4,8 m/s. El rango de confort de la RLS se encuentra por encima de los obtenidos en el MIST, tanto del reducido como en el extenso, de una manera sustancial, ya que el primero es de 1,2 m/s a 10,8 m/s, y el extenso del segundo, de 0,1 m/s a 1,9 m/s.

**Tabla 5.** Valores estimados de la correlación de la ST-VV con el MIST y la RLS en el periodo frío.

Correlación de la ST-VV en el periodo frío				
	Valores estimados	Metodo estadístico		Amplitud
		MIST	RLS	
	Neutral	0,7 m/s	6,0 m/s	
Confort	Rango		1,2 m/s a 10,8 m/s	9,6 m/s
	Rango reducido	0,1 m/s a 1,3 m/s		1,2 m/s
	Rango extenso	0,1 m/s a 1,9 m/s		1,8 m/s

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Correlación de datos en el periodo cálido

El levantamiento de evaluaciones para el periodo cálido se llevó a cabo del 03 de septiembre al 10 de octubre del 2019, revela Huerta (2018), que el periodo cálido en la ciudad de Ensenada, Baja California, va desde julio hasta septiembre. Cabe mencionar que las evaluaciones no pudieron realizarse con los meses de julio y agosto, ya que estos correspondieron al periodo vacacional de la Universidad, por lo que el estudio se ajusto al calendario de actividades escolares 2019-2. Como indican Fuentes y Figueroa (1990), los horarios en que se dan las condiciones higrotérmicas extremas en un día típico son a las 06 h 00 y a las 15 h 00. Sin embargo, por circunstancias de disponibilidad del recurso humano, estos horarios tuvieron que ajustarse sin desfasarse en gran medida de las horas higrotérmicas extremas, por lo que los horarios fueron en promedio, en intervalos de 08 h 00 a 11 h 00 para el turno matutino y de 14 h 00 a 17 h 00 para el turno vespertino, a excepción de algunos casos en donde por cuestiones académicas, administrativas o de acuerdo a las condiciones meteorológicas (ya que fue en espacio exterior) fue necesario suspender las evaluaciones.

El total de observaciones recabadas en este periodo fueron 624, sin embargo, de esa muestra, sólo fueron procesadas 377 observaciones (201 mujeres y 176 hombres), la diferencia entre la muestra recabada y la muestra procesada correspondió a 247 observaciones, las cuales fueron omitidas por considerarse observaciones atípicas.

La categoría de ST en la que se concentró la mayor cantidad de observaciones fue la cuarta (ni calor, ni frío) con 189 observaciones, representando más de la mitad del total de las RSTP, correspondiente al 50,1 % de ellas, un porcentaje importante. Seguida de la tercera (algo de frío) y la quinta (algo de calor), ambas categorías obtuvieron 81 observaciones cada una, concentrando entre ambas un 43 %. En la primera categoría (mucho frío) no se tuvieron respuestas, las restantes (segunda, sexta y séptima categoría) no representaron un porcentaje importante en el total de respuestas.

De acuerdo con el análisis climático de Huerta (2018), para este periodo de estudio:

- La temperatura máxima promedio es de 24,9 °C, la media de 21,1 °C y la mínima promedio de 17,3 °C;
- La humedad relativa máxima promedio es de 92,8 %, la media de 83,4 % y la mínima promedio de 65,3 %; y,
- Los vientos tienen origen en el Suroeste con una velocidad promedio de 2,2 m/s y una máxima de 3,2 m/s

### **5.2.1. Estimación de la Temperatura de Bulbo Seco a partir de la Sensación Térmica**

#### **Método de correlación univariable MIST:**

Para la correlación de la TBS con la ST, en el periodo cálido y con el MIST, se decidió omitir las cuatro RSTP de la categoría siete (mucho calor) ya que ésta representa menos del 5 % del total de observaciones y al omitirla, en esta ocasión, se generaron mejores resultados a partir del valor de las  $r^2$  de las RLS.

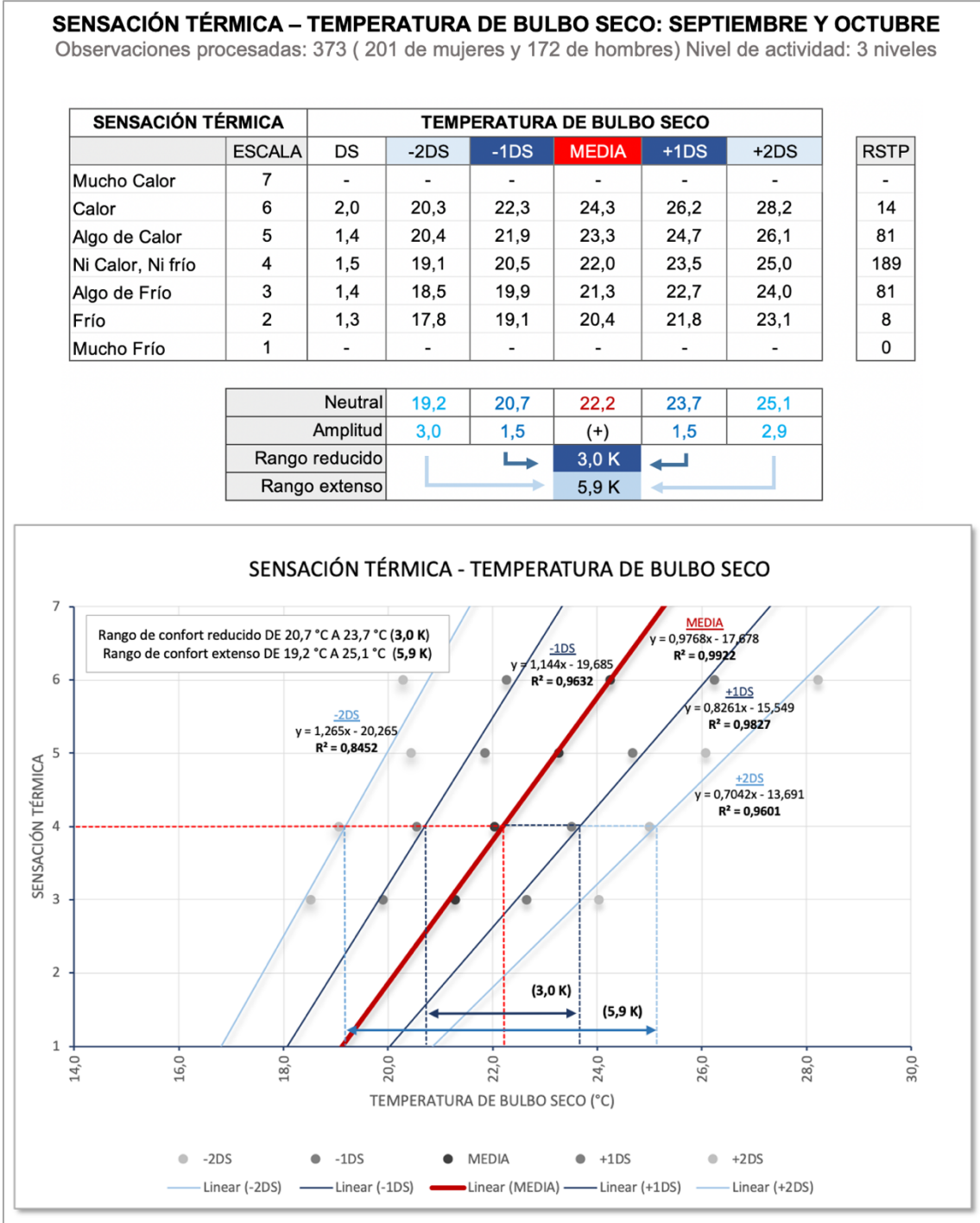
De acuerdo a lo anterior, fue posible establecer dos categorías de ST (tendiente a lo caluroso) por encima de la de confort y dos categorías por debajo de ésta (tendientes a lo frío), teniendo una distribución de las RSTP de manera uniforme respecto a la categoría cuatro de ST de confort, de igual forma, el rango de confort reducido, así como el extenso resultaron simétricos, con respecto al valor de neutralidad estimado.

La categoría que reflejó un grado mayor de adaptación psicofisiológica por parte de los sujetos, fue la sexta (calor), teniendo un valor de DS de 2,0, superior a las demás. Desde la segunda categoría hasta la quinta, se obtuvieron valores aproximados entre si, con DS entre 1,3 a 1,5. Si bien es cierto, se obtuvo una relación en cuanto a proximidad de los valores de las DS de la ST tendiente a lo frío, sin embargo, el grado mayor de adaptación se encuentra en las ST tendientes a lo caluroso dado al valor de la DS de la ST *calor*.

Lo anterior fue resultado del análisis y la observación analítica y gráfica realizada para este estudio, de la misma manera, se permite visualizar que la cantidad de observaciones no está precisamente ligada al grado de adaptación psicofisiológica de la muestra evaluada, no así, la amplitud de la DS permite conocer el grado de adaptación que la muestra estudiada ha adoptado bajo las condiciones de cada caso específico.

A su vez, fue posible apreciar que la RLS media resultó con una  $r^2$  de 0,9922, lo que equivale a una correlación de variables muy alta (al encontrarse el valor cercano a la unidad), reflejando certeza en la concentración de las respuestas, de acuerdo Bojórquez (2010). Las RLS de los límites inferiores y superiores de los rangos de confort (reducido y extenso), es decir, las RLS de - 2 DS, - 1 DS, +1 DS y + 2 DS, reflejan una convergencia respecto a la RLS media conforme a la ST tiende a la caluroso, lo que indica un grado mayor de adaptación a temperaturas inferiores a la  $T_n$  frente a condiciones de temperaturas por encima de ésta; por lo tanto, entre más proximidad haya entre las RLS se tiene una menor capacidad de adaptación, mientras que entre más alejadas se encuentren entre si, se tiene mayor capacidad de adaptación.

Como se muestra en la Figura 41, la estimación del valor de neutralidad de la TBS respecto a la ST percibida por los sujetos en el periodo cálido para el total de observaciones resultó en **22,2 °C**, el rango de confort reducido se estimó de **20,7 °C a 23,7 °C** con un intervalo de 3,0 K, y, el rango de confort extenso se estimó de **19,2 °C a 25,1 °C** con un intervalo de 5,9 K; como se puede apreciar, ambos rangos de confort resultaron proporcionales entre sí.



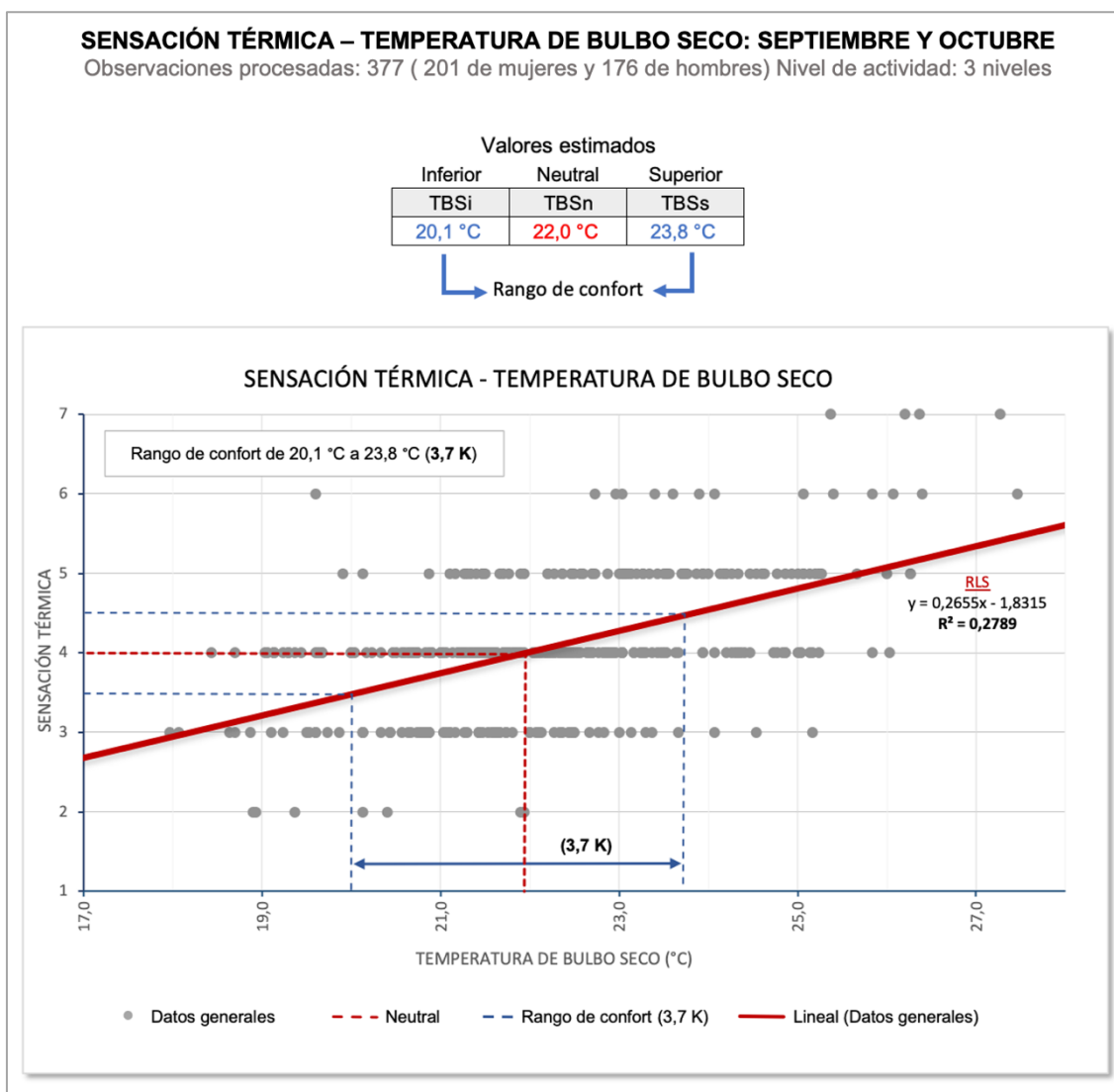
**Figura 41.** Análisis correlacional de la ST y la TBS a partir del MIST en el periodo cálido (septiembre y octubre).

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que los valores mínimos y máximos registrados para el estudio del confort térmico en espacios exteriores, corresponden a 17,9 °C y 29,6 °C respectivamente, la temperatura máxima que ofrece el ambiente es de 24,9 °C, de acuerdo con el estudio de Huerta (2018), y el mínimo es de 17,3 °C, por lo tanto, las condiciones registradas en septiembre y noviembre del año 2018, corresponde en proximidad con respecto al promedio de valores de temperatura obtenidos en estos mismos meses en el periodo de 2000 a 2017 del autor mencionado.

### Método de correlación univariable RLS:

Con base en los votos de confort procesados en la TBS, con el método estadístico de RLS, fue posible estimar las condiciones óptimas y el rango de tolerancia térmica para el periodo cálido. El valor neutral de la temperatura resultó de **22,0 °C**, los límites inferior y superior del confort fueron de **20,1 °C** y **23,8 °C** respectivamente, con un intervalo de 3,7 K. Así mismo, se identificó que el grado de correlación entre los puntos de dispersión y la recta de regresión es baja, dado que la  $r^2$  fue de 0,2789, teniendo un alto grado de dispersión en la muestra analizada (Figura 42).



**Figura 42.** Análisis correlacional de la ST y la TBS a partir de la RLS en el periodo cálido (septiembre y octubre).  
**Fuente:** Elaboración propia.

## Análisis comparativo de los valores estimados en ambos métodos de correlación univariable entre la ST y la TBS:

Como se muestra en la Tabla 6, los valores neutrales obtenidos en ambos métodos resultaron próximos entre sí, siendo de 22,2 °C en el MIST y 22,0 °C en la RLS, con una diferencia de 0,2 K. El rango de confort que da la RLS es similar al rango reducido del MIST, ya que el primero fue de 20,1 °C a 23,8 °C, y el segundo, de 20,7 °C a 23,7 °C con amplitudes de 3,7 K y 3,0 K respectivamente.

**Tabla 6.** Valores estimados con la correlación de la ST-TBS a partir del MIST y la RLS en el periodo cálido.

Correlación de la ST-TBS en el periodo cálido				
	Valores estimados	Metodo estadístico		Amplitud
		MIST	RLS	
	Neutral	22,2 °C	22,0 °C	
Confort	Rango		20,1 °C a 23,8 °C	3,7 K
	Rango reducido	20,7 °C a 23,7 °C		3,0 K
	Rango extenso	19,2 °C a 25,1 °C		5,9 K

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.2. Estimación de la Temperatura de Globo Negro a partir de la Sensación Térmica

#### Método de correlación univariable MIST:

Con base en los votos de confort procesados en la TGN, en el periodo cálido y con el método estadístico MIST, fue posible establecer tres categorías de ST (tendiente a lo caluroso) por encima de la de confort y dos categorías por debajo de ésta (tendientes a lo frío), teniendo una distribución de las RSTP de forma desigual respecto a la categoría cuatro de ST de confort, sin embargo, tanto el rango de confort reducido así como el extenso resultaron simétricos, con respecto al valor de neutralidad estimado.

La categoría que reflejó un grado mayor de adaptación psicofisiológica por parte de los sujetos, fue la cuarta (ni calor, ni frío), teniendo un valor de DS superior a las demás de forma significativa. Desde la quinta categoría hasta la séptima, se obtuvieron valores aproximados entre si, con DS de 2,0 y 2,5. La segunda y tercera categoría, obtuvieron valores de DS por debajo de las anteriores, siendo de 1,2 y 1,8 respectivamente.

Fue posible apreciar que la RLS media resulta con una  $r^2$  de 0,9626, lo que equivale a una correlación de variables muy alta, teniendo certeza en la concentración de respuestas (muestra no dispersa), según Bojórquez (2010). Las RLS de - 2 DS y - 1DS reflejan una marcada convergencia respecto a la RLS media conforme la ST tiende a lo caluroso, lo que indica un grado mayor de adaptación frente a condiciones de temperaturas bajas (inferiores al rango de confort), mientras que las RLS + 1 DS y + 2 DS reflejan una clara divergencia bajo esas mismas condiciones, lo que indica que un 47,7 % de los sujetos encontraron menor capacidad de adaptación frente a temperaturas bajas. En otras palabras, se obtuvo un grado de adaptación tanto en temperaturas tendientes a lo caluroso, así como a las tendientes a lo frío.

La estimación del valor de neutralidad de la TGN respecto a la ST percibida por los sujetos en el periodo cálido para el total de observaciones resultó en **25,4 °C**, el rango de confort reducido se estimó de **22,8 °C a 27,8 °C** con un intervalo de 5,0 K, y, el rango de confort extenso se estimó de **19,7 °C a 29,8 °C** con un intervalo de 10,1 K. (

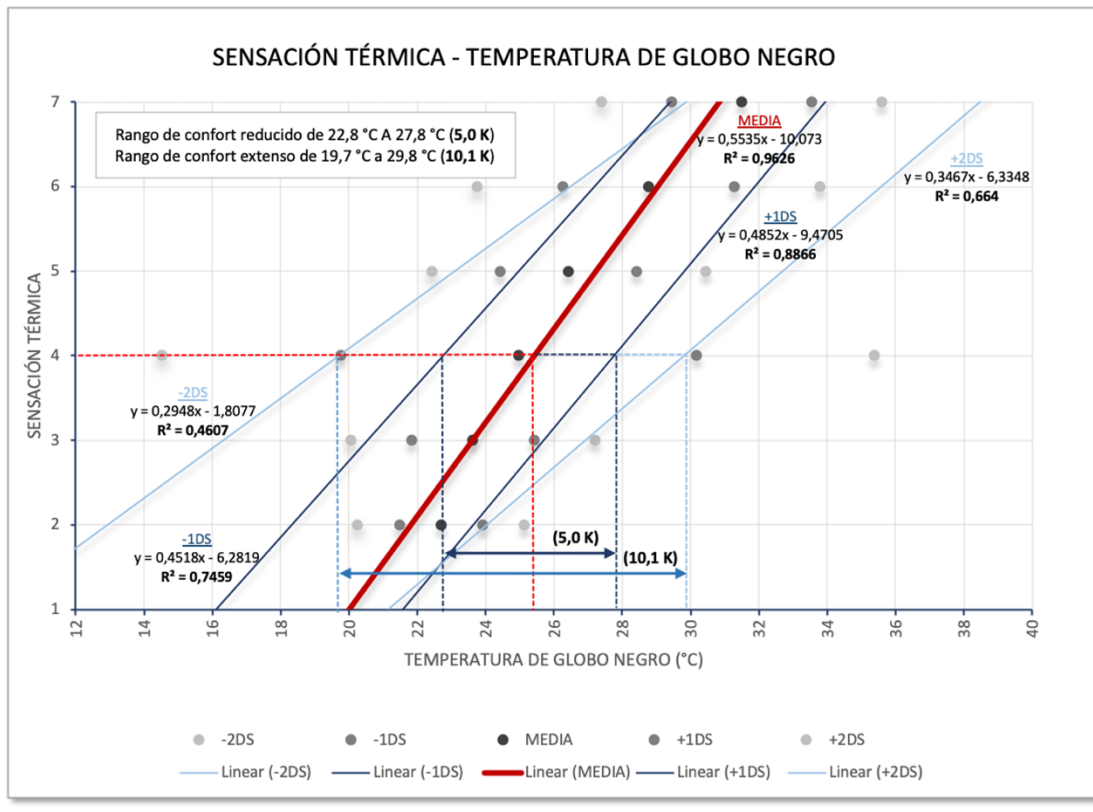
Figura 43).

### SENSACIÓN TÉRMICA – TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO: SEPTIEMBRE Y OCTUBRE

Observaciones procesadas: 377 ( 201 de mujeres y 176 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

SENSACIÓN TÉRMICA	TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO							RSTP
	ESCALA	DS	-2DS	-1DS	MEDIA	+1DS	+2DS	
Mucho Calor	7	2,0	27,4	29,4	31,5	33,5	35,6	4
Calor	6	2,5	23,7	26,3	28,8	31,3	33,8	14
Algo de Calor	5	2,0	22,4	24,4	26,4	28,4	30,4	81
Ni Calor, Ni frío	4	5,2	14,5	19,7	25,0	30,2	35,4	189
Algo de Frío	3	1,8	20,0	21,8	23,6	25,4	27,2	81
Frío	2	1,2	20,3	21,5	22,7	23,9	25,1	8
Mucho Frío	1	-	-	-	-	-	-	0

Neutral	19,7	22,8	25,4	27,8	29,8
Amplitud	5,7	2,6	(+)	2,4	4,4
Rango reducido	←		5,0 K	→	
Rango extenso	←		10,1K	→	



**Figura 43.** Análisis correlacional de la ST y la TGN a partir del MIST en el periodo cálido (septiembre y octubre).

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **Método de correlación univariable RLS:**

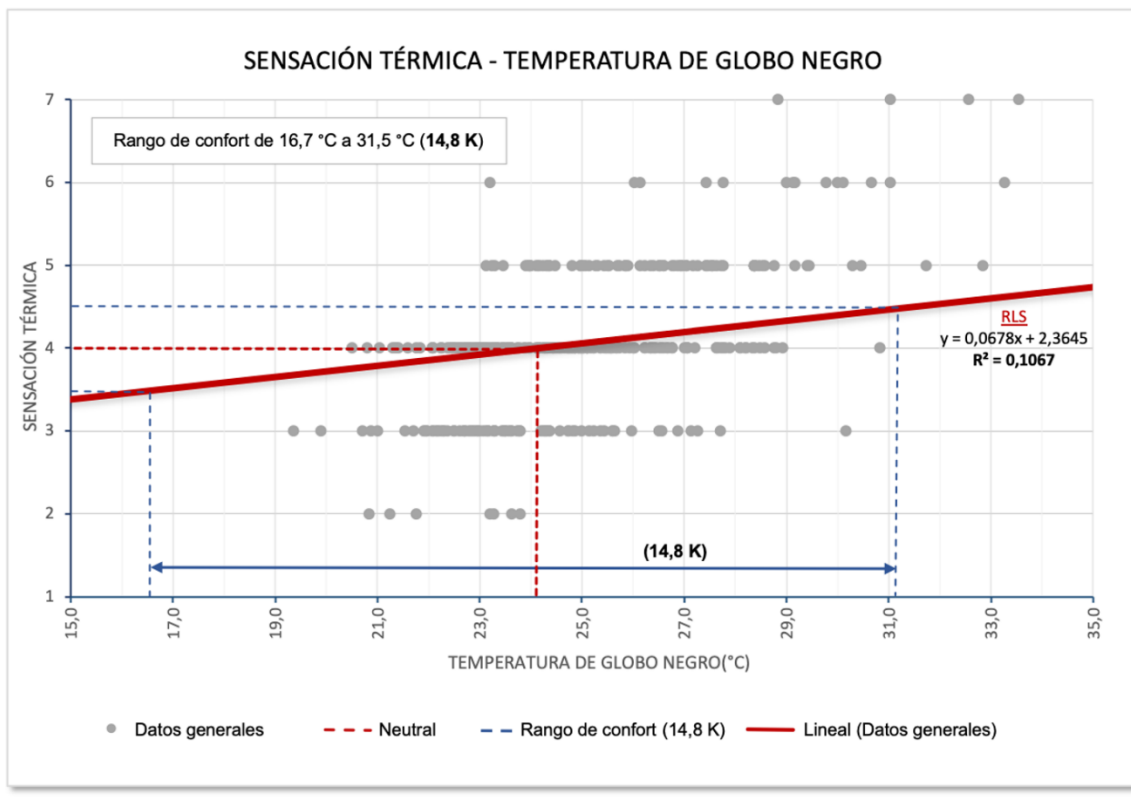
Con base en los votos de confort procesados en la TGN, con el método estadístico de RLS, fue posible estimar las condiciones óptimas y el rango de tolerancia térmica para el periodo cálido. El valor neutral de la temperatura resulto de **24,1 °C**, los límites inferior y superior del confort fueron de **16,7 °C** y **31,5 °C** respectivamente, con un intervalo de 14,8 K. Así mismo, se identificó que el grado de correlación entre los puntos de dispersión y la recta de regresión es baja, dado que la  $r^2$  fue de 0,1067, teniendo un alto grado de dispersión en la muestra analizada. Por último, fue posible apreciar que el grado de correlación entre las variables (ST-TGN), de igual forma, es bajo al obtenerse un valor en la pendiente de la recta de 0,0678, indicador muy alejado de la unidad (Figura 44).

## SENSACIÓN TÉRMICA – TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO: SEPTIEMBRE Y OCTUBRE

Observaciones procesadas: 377 ( 201 de mujeres y 176 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

Valores estimados		
Inferior	Neutral	Superior
TGNi	TGNn	TGNs
16,7 °C	24,1 °C	31,5 °C

↙ Rango de confort ↘



**Figura 44.** Análisis correlacional de la ST y la TGN a partir de la RLS en el periodo cálido (septiembre y octubre).

Fuente: Elaboración propia.

### Análisis comparativo de los valores estimados en ambos métodos de correlación univariable entre la ST y la TGN:

Como se muestra en la Tabla 7, los valores neutrales obtenidos en ambos métodos se encuentran cercanos entre si, siendo de 25,4 °C en el MIST y 24,1 °C en la RLS. El valor mínimo estimado por la RLS se estimó de 16,7 °C, estando por debajo del mínimo del MIST (19,7 °C), contrario a los valores superiores, ya que el de la RLS resultó de 31,5 °C, mientras que el del MIST fue de 29,8 °C. La amplitud que ofrece el rango del confort de la RLS es más extenso que los del MIST, siendo el primero de 14,8 K, y el segundo mas amplio de 10,1 K.

**Tabla 7.** Valores estimados con la correlación de la ST-TGN a partir del MIST y la RLS en el periodo cálido.

Correlación de la ST-TGN en el periodo cálido				
	Valores estimados	Metodo estadístico		Amplitud
		MIST	RLS	
	<b>Neutral</b>	<b>25,4 °C</b>	<b>24,1 °C</b>	
Confort	Rango		16,7 °C a 31,5 °C	14,8 K
	Rango reducido	22,8 °C a 27,8 °C		5,0 K
	Rango extenso	19,7 °C a 29,8 °C		10,1 K

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3. Estimación de la Humedad Relativa a partir de la Sensación Térmica

#### Método de correlación univariable MIST:

Para la correlación de la HR con la ST en el periodo cálido, se decidió omitir las cuatro RSTP de la categoría siete (mucho calor) ya que ésta representa menos del 5 % del total de observaciones y al no omitirla, en esta ocasión, resultaba un comportamiento irregular en las RLS, por lo tanto, resultados inciertos. Al no contemplar la categoría mencionada, se generaron mejores resultados a partir del valor de la  $r^2$  de la media (0,4524), sin embargo, resultó una correlación baja con un alto grado de dispersión en la muestra al ser un valor inferior al 0,5 (Bojórquez, 2010).

Luego de omitir la categoría siete y con base en los votos de confort procesados en la HR con el método estadístico MIST, fue posible establecer dos categorías de ST tendientes a lo caluroso por encima de la de confort y dos categorías por debajo de ésta (tendientes a lo frío), teniendo una distribución de las RSTP de forma simétrica respecto a la categoría cuatro de ST de confort.

La categoría individual que reflejó un grado mayor de adaptación psicofisiológica por parte de los sujetos, fue la seis (calor) teniendo una DS de 8,2 (valor superior a las demás). Las DS de las categorías tres, cuatro y cinco, reflejaron resultados similares entre sí, siendo 7,8; 7,3 y 7,2 respectivamente. La ST de *frío* (categoría dos), obtuvo un valor de DS por debajo de las demás (3,3), de manera significativa, por lo que en ésta se obtuvo una menor adaptación a las condiciones presentadas. De igual forma, se puede asumir que dado a la relación entre los valores de las DS desde la ST *Algo de frío* hasta *Algo de Calor*, conforme la HR va disminuyendo, de la misma manera disminuye la capacidad de adaptación por parte de los usuarios, fenómeno que se puede confirmar al visualizar la proximidad que presentan las RLS en cada caso con respecto a la media conforme a las ST calurosas.

Las RLS de los límites inferiores y superiores de los rangos de confort (reducido y extenso), reflejan una marcada convergencia respecto a la RLS media conforme a la sensación térmica tiende a lo caluroso, lo que indica un grado mayor de adaptación a temperaturas inferiores a la  $T_n$  frente a condiciones de temperaturas por encima de ésta.

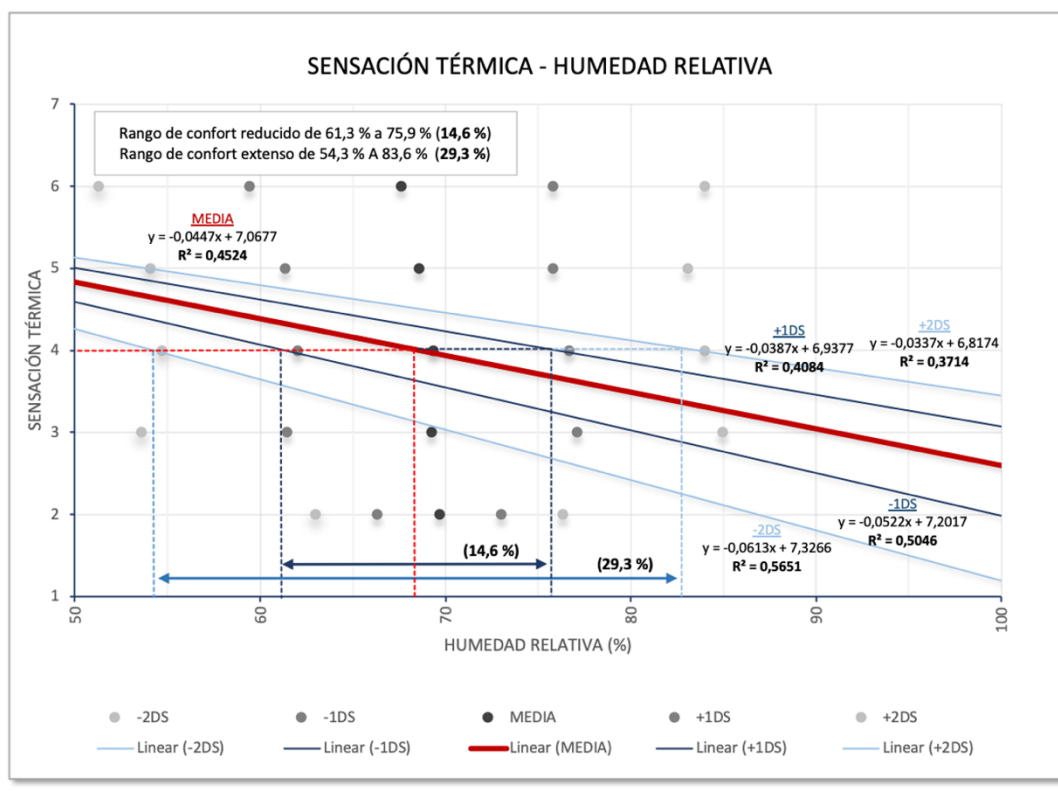
La estimación del valor de neutralidad de la HR respecto a la ST percibida por los sujetos en el periodo cálido para el total de observaciones resultó en **68,6 %**, el rango de confort reducido se estimó de **61,3 %** al **75,9 %** con un intervalo de 14,6 %, y, el rango de confort extenso se estimó de **54,3 %** al **83,6 %** con un intervalo de 29,3 % (Figura 45).

### SENSACIÓN TÉRMICA – HUMEDAD RELATIVA: SEPTIEMBRE Y OCTUBRE

Observaciones procesadas: 373 ( 201 de mujeres y 172 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

SENSACIÓN TÉRMICA	HUMEDAD RELATIVA							RSTP
	ESCALA	DS	-2DS	-1DS	MEDIA	+1DS	+2DS	
Mucho Calor	7	-	-	-	-	-	-	-
Calor	6	8,2	51,3	59,4	67,6	75,8	84,0	14
Algo de Calor	5	7,2	54,1	61,3	68,6	75,8	83,1	81
Ni Calor, Ni frío	4	7,3	54,7	62,0	69,4	76,7	84,0	189
Algo de Frío	3	7,8	53,6	61,4	69,3	77,1	84,9	81
Frío	2	3,3	63,0	66,3	69,7	73,0	76,3	8
Mucho Frío	1	-	-	-	-	-	-	0

Neutral	54,3	61,3	68,6	75,9	83,6
Amplitud	14,3	7,3	(+)	7,3	15
Rango reducido	←		14,6 %	→	
Rango extenso	←		29,3 %	→	



**Figura 45.** Análisis correlacional de la ST y la HR a partir del MIST en el periodo cálido (septiembre y octubre).

**Fuente:** Elaboración propia.

El rango de humedad que ofrece el ambiente va del 65,3 % al 92,8 % (Huerta, 2018), los límites superiores de los rangos (extenso y reducido) obtenidos en este estudio, se encuentran dentro de este rango ya que son de 83,6 % y 75,9 % respectivamente, así mismo es posible apreciar que el límite inferior del rango reducido presentó un valor próximo al límite inferior de la HR normalizada para esta ciudad, siendo de 61,3 %.

Cabe mencionar que los valores mínimos y máximos registrados de HR para el estudio del confort térmico en espacios exteriores, corresponden al 40,0 % y al 90,0 %

respectivamente, teniendo una discrepancia considerable en el valor mínimo, referente al análisis Huerta (2018), con una diferencia de 25,3 % (por debajo) y, un valor máximo aproximado al del mismo estudio.

### Método de correlación univariable RLS:

Para la correlación de la HR con la ST en el periodo cálido, los datos de la categoría siete (mucho calor) fueron omitidos, al igual que en el MIST, dado que representaban menos del 5 % del total de observaciones (cuatro RSTP), ya que, al contemplarlas en esta ocasión, resultaba un comportamiento irregular en la RLS, sin embargo, aun omitiendo dichos valores, los resultados generaron un grado de correlación entre los puntos de dispersión baja, dado que el  $r^2$  fue de 0,0026, teniendo un alto grado de dispersión, por lo que no hay claridad en la percepción de la ST de la muestra analizada, de acuerdo con Bojórquez (2010).

Omitiendo la categoría siete y con base en los votos de confort procesados en la HR, con el método estadístico de RLS, fue posible estimar las condiciones óptimas, siendo de 76,2 % además de un rango de tolerancia térmica para el periodo cálido, resultante de 0,1 % a 99,9 % con un intervalo de 99,8 % (Figura 46).

Cabe mencionar, que los valores estadística y gráficamente obtenidos para el rango de confort, por una parte, para el límite inferior resulto negativo, y, por otra parte, el limite superior resulto por encima del 100 %, dado a que las condiciones reales de HR que ofrece el ambiente van desde el 0,01 % hasta el 99,9%, por lo que fueron los valores reales estimados para el rango de confort y no los obtenidos.

### Análisis comparativo de los valores estimados en ambos métodos de correlación univariable entre la ST y la HR:

Como se aprecia en la Tabla 8, los valores neutrales obtenidos en la HR fueron de 68,6 % en el MIST y 76,2 % en la RLS, el limite inferior y superior del rango de confort de la RLS, fueron el valor mínimo y máximo que pueden presentarse en el ambiente (de 0,01 % a 99,9 %), mientras que en el MIST se estimó el rango extenso de 54,3 % a 83,6 %.

**Tabla 8.** Valores estimados con la correlación de la ST-HR a partir del MIST y la RLS en el periodo cálido.

Correlación de la ST-HR en el periodo cálido				
	Valores estimados	Metodo estadístico		Amplitud
		MIST	RLS	
Confort	Neutral	68,6%	76,2%	
	Rango		0,01% a 99,9%	99,8%
	Rango reducido	61,3% a 75,9%		14,6%
	Rango extenso	54,3% a 83,6%		29,3%

Fuente: Elaboración propia.

Tanto en el MIST como en la RLS, los valores de la categoría siete fueron omitidos dado que correspondieron a menos del 5 % del total de observaciones lo cual representó un beneficio en los resultados obtenidos con respecto a los valores de las  $r^2$ .

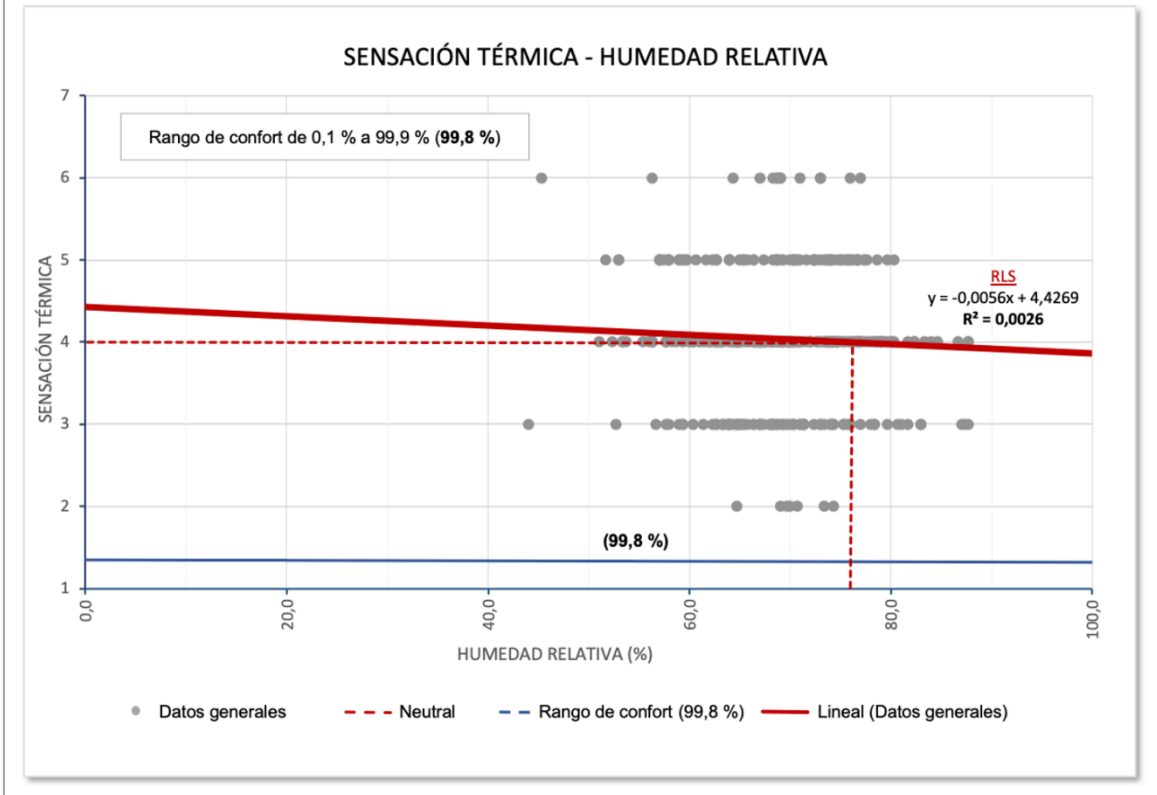
### SENSACIÓN TÉRMICA – HUMEDAD RELATIVA: SEPTIEMBRE Y OCTUBRE

Observaciones procesadas: 373 ( 201 de mujeres y 172 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

Valores estimados

Inferior	Neutral	Superior
HRi	HRn	HRs
0,01%	76,2%	99,9%

↙ Rango de confort ↘



**Figura 46.** Análisis correlacional de la ST y la HR a partir de la RLS en el periodo cálido (septiembre y octubre).

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.2.4. Estimación de la Velocidad de Viento a partir de la Sensación Térmica

##### Método de correlación univariable MIST:

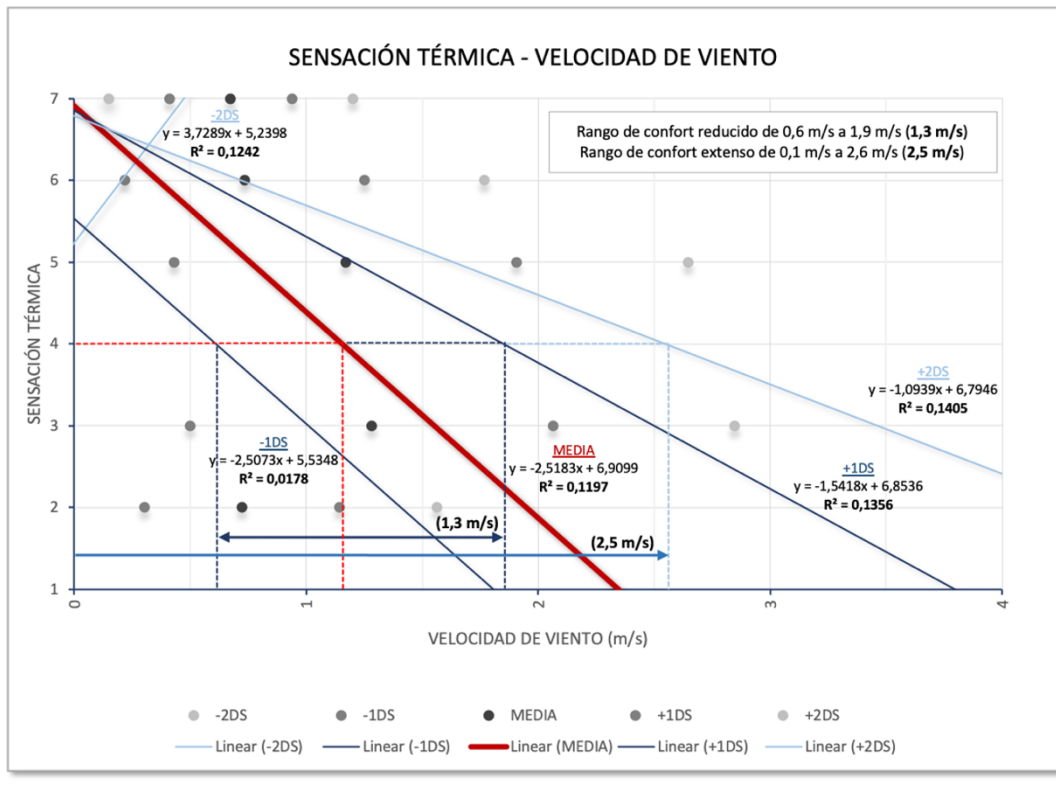
Para la correlación de la VV con la ST, en el periodo cálido y con el MIST, se decidió omitir la categoría cuatro (ni calor, ni frío) debido a que la mayoría de puntos de dispersión obtenidos de los pares de datos procesados en esta categoría, se encontraban por debajo del límite inferior de las condiciones reales que se presentan en viento ( -0,1 m/s), y al no omitirla, las RLS reflejaban un comportamiento irregular, por lo tanto difícil de interpretar, sin embargo, aún haciendo la omisión, la RLS de - 2 DS resultó con un comportamiento anormal con respecto a las demás, como se muestra en la Figura 47.

### SENSACIÓN TÉRMICA – VELOCIDAD DE VIENTO: SEPTIEMBRE Y OCTUBRE

Observaciones procesadas: 188 (80 de mujeres y 108 de hombres) Nivel de actividad: 3 niveles

SENSACIÓN TÉRMICA	VELOCIDAD DE VIENTO							RSTP
	ESCALA	DS	-2DS	-1DS	MEDIA	+1DS	+2DS	
Mucho Calor	7	0,3	0,1	0,4	0,7	0,9	1,2	4
Calor	6	0,5	-0,3	0,2	0,7	1,3	1,8	14
Algo de Calor	5	0,7	-0,3	0,4	1,2	1,9	2,6	81
Ni Calor, Ni frío	4	-	-	-	-	-	-	-
Algo de Frío	3	0,8	-0,3	0,5	1,3	2,1	2,8	81
Frío	2	0,4	-0,1	0,3	0,7	1,1	1,6	8
Mucho Frío	1	-	-	-	-	-	-	0

Neutral	0,1	0,6	1,2	1,9	2,6
Amplitud	1,1	0,6	(+)	0,7	1,4
Rango reducido			1,3 m/s		
Rango extenso			2,5 m/s		



**Figura 47.** Análisis correlacional de la ST y la VV a partir del MIST en el periodo cálido (septiembre y octubre).  
**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a lo anterior, fue posible establecer tres categorías de ST tendientes a lo caluroso y dos tendientes a lo frío. La categoría individual que reflejo el valor más alto en la DS fue la tercera (frío) lo que indica un grado mayor de adaptación a VV altas. Las  $r^2$  resultantes de las RLS estuvieron por debajo del valor 0,5 lo que equivale a una correlación de variables baja, de acuerdo con Bojórquez (2010). Las RLS de los limites superiores, es decir + 1 DS y +2 DS, reflejan una marcada convergencia respecto a la RLS media conforme

lo ST tiende a lo caluroso, por lo tanto, se tiene una mayor adaptación a VV por encima de la media debido hay una mayor amplitud en las RLS conforme la ST tiende a lo frío.

La estimación del valor de neutralidad de la VV respecto a la ST percibida por los sujetos en el periodo cálido para el total de observaciones resultó en **1,2 m/s**, el rango de confort reducido se estimó de **0,6 m/s a 1,9 m/s** con un intervalo de 1,3 m/s, y, el rango de confort extenso se estimó de **0,1 m/s a 2,6 m/s** con un intervalo de 2,5 m/s. Cabe mencionar, que el limite inferior (-2DS), resultado negativo, sin embargo, dado a que en la realidad no existen valores negativos de viento (en todo caso seria ausencia del mismo), el valor mínimo estimado se tomó de 0,1 m/s y no el obtenido estadística y gráficamente.

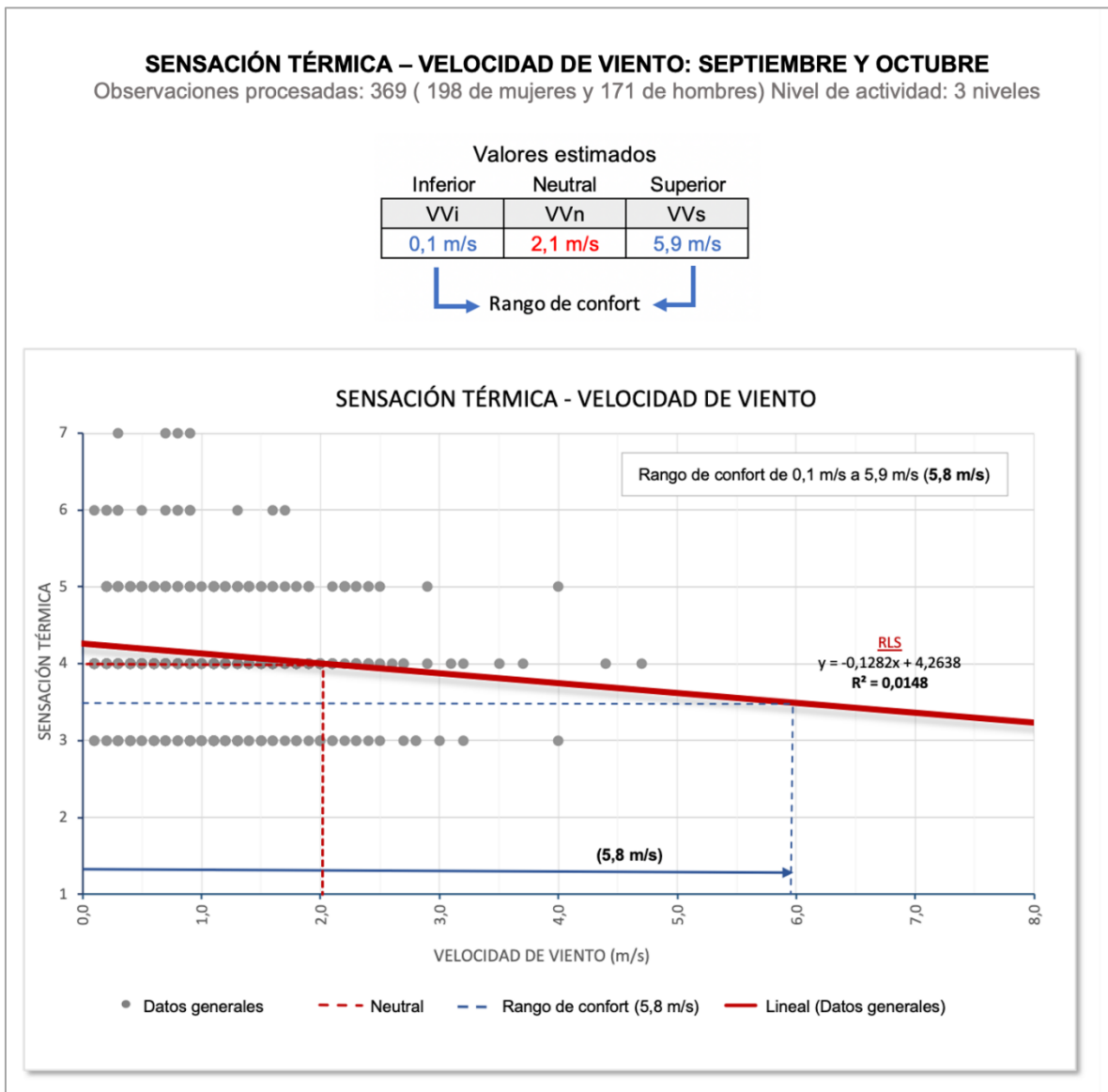
El viento que ofrece el ambiente, es de una velocidad promedio de 2,2 m/s (Huerta, 2018), lo que implica que las condiciones dadas, se encuentran por en encima del valor óptimo estimado en este estudio (1,2 m/s), sin embargo es un valor próximo a los limites superiores de los rangos de confort (reducido y extenso).

Cabe mencionar que los valores mínimos y máximos registrados para el estudio del confort térmico en espacios exteriores con respecto a la VV en el periodo cálido, correspondieron a 0,1 m/s y 4,7 m/s respectivamente, con un promedio de 1,2 m/s, el valor máximo se encuentra por encima al estimado por Huerta (2018), lo cual indica que en septiembre y octubre del 2019 se presentaron VV más altas con respecto a los mismos meses en el promedio del 2000 a 2007.

#### **Método de correlación univariable RLS:**

Para la correlación de la VV con la ST en el periodo cálido, los datos de la categoría dos (frío) fueron omitidos, dado que representaban menos del 5 % del total de observaciones (8 RSTP), ya que, al contemplarlas en esta ocasión, resultaba un comportamiento irregular en la RLS, sin embargo, aun omitiendo dichos valores, los resultados generaron un grado de correlación entre los puntos de dispersión baja, dado que el  $r^2$  fue de 0,00148, teniendo un alto grado de dispersión, por lo que no hay claridad en la percepción de la ST de la muestra analizada, de acuerdo con Bojórquez (2010).

Con base en los votos de confort procesados en la VV, con el método estadístico de RLS, fue posible estimar un rango de tolerancia eólica para el periodo frío y el valor neutral de la VV. La VVn estimada fue de **2,1 m/s**, los limites inferior y superior del confort fueron de 0,1 m/s y 5,9 m/s respectivamente, con un intervalo de 5,8 m/s (Figura 48). Cabe mencionar, que el limite inferior del rango (-2 DS) resulto con un valor negativo, sin embargo, dado a que en la realidad no existen valores negativos de viento (en todo caso seria ausencia del mismo), el valor mínimo estimado se tomó de 0,1 m/s y no el obtenido estadística y gráficamente.



**Figura 48.** Análisis correlacional de la ST y la VV a partir de la RLS en el periodo cálido (septiembre y octubre).

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis comparativo de los valores estimados en ambos métodos de correlación univariable entre la ST y la HR:**

Tanto en el MIST como en la RLS, se puede afirmar que la percepción en la VV no fue clara para los sujetos de estudio, dado que los valores obtenidos en las  $r^2$  fueron menores a 0,5.

Como se aprecia en la Tabla 9, los valores neutrales obtenidos en el MIST y con la RLS correspondieron a 1,2 m/s y 2,1 m/s respectivamente. El valor máximo estimado con la RLS (5,9 m/s) se encuentra por encima de los valores obtenidos en el MIST, tanto del rango reducido como del extenso (2,6 m/s), con una amplitud en el primero de 5,9 m/s y 2,5 m/s en el segundo.

**Tabla 9.** Valores estimados con la correlación de la ST-VV a partir del MIST y la RLS en el periodo cálido.

Correlación de la ST-VV en el periodo cálido				
	Valores estimados	Metodo estadístico		Amplitud
		MIST	RLS	
Confort	Neutral	1,2 m/s	2,1 m/s	
	Rango		0,1 m/s a 5,9 m/s	5,8 m/s
	Rango reducido	0,6 m/s a 1,9 m/s		1,3 m/s
	Rango extenso	0,1 m/s a 2,6 m/s		2,5 m/s

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones específicas de los objetivos planteados para esta investigación, así como la conclusión general del estudio.

Por lo anterior fue posible concluir que los periodos térmicos extremos de un año típico en Ensenada, descritos en el apartado 3.3 Periodo de estudio (pág. 37), de acuerdo con el objetivo uno son: El periodo cálido consta de julio a septiembre (tres meses), y, el periodo frío abarca de diciembre a mayo (seis meses), tomando como referencia el estudio realizado por Huerta (2018).

Por su parte, a partir del objetivo dos, fue posible deducir que los espacios abiertos que cumplen con las características de uso público en el perímetro del campus Sauzal de la U.A.B.C. (caso de estudio atendido en esta investigación), son los siguientes: Malecón, plazas, explanadas, áreas de descanso, entre otros especificados en el apartado 3.2.3 Caracterización de los espacios de estudio (pág. 28).

En cuanto al objetivo tres, se realizó el diseño de un cuestionario expuesto en el apartado 3.6.3 Elaboración del cuestionario (pág. 43) el cual permitió estimar rangos de confort térmico para espacios exteriores de la ciudad de Ensenada (objetivo general planteado en esta investigación), a partir de la aplicación del mismo y la medición simultánea de las variables físicas del ambiente (TBS, TGN, HR y VV).

La estructura final del formato, Figura 25 (pág. 46), quedó comprendida por seis secciones: Datos de control, información del participante, sensación del ambiente del espacio, preferencia del ambiente del espacio, información complementaria y el monitoreo físico del ambiente térmico.

De acuerdo con el objetivo cuatro, se monitorearon las variables físicas del ambiente durante las evaluaciones y los datos recabados fueron digitalizados y almacenados en una base de datos, la conformación de la misma se detalla en el apartado 4.1 Conformación de la base de datos (pág. 51).

Capítulo V PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN (pág. 3), el resumen de los valores resultantes se presentan en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Indicadores de confort térmico estimados a partir de la correlación de la ST con la TBS, la TGN, la HR y la VV, por periodo de estudio y por método estadístico.

Variable	Unidad	Periodo frío			Periodo cálido		
		Rango de confort térmico			Rango de confort térmico		
		MIST		RLS	MIST		RLS
Reducido	Extenso	Reducido	Extenso				
<b>TBS</b>	<b>°C</b>	15,8 a 22,6	12,5 a 26,0	17,4 a 23,6	20,7 a 23,7	19,2 a 25,1	20,1 a 23,8
<b>TGN</b>	<b>°C</b>	16,5 a 21,7	14,5 a 24,5	20,5 a 27,3	22,8 a 27,8	19,7 a 29,8	16,7 a 31,5
<b>HR</b>	<b>%</b>	39,8 a 83,0	23,9 a 99,9	0,01 a 49,5	61,3 a 75,9	54,3 a 83,6	0,01 a 99,9
<b>VV</b>	<b>m/s</b>	0,1 a 1,3	0,1 a 1,9	1,2 a 10,8	0,6 a 1,9	0,1 a 2,6	0,1 a 5,9

Fuente: Elaboración propia.

El procesamiento de datos se realizó por variable física registrada, por periodo de estudio y por método de correlación, por lo tanto, se obtuvieron valores distintos de coeficientes de determinación, neutralidad y rangos de confort. Dado a lo anterior y a fin de comparar los resultados estimados, se realizó una gráfica por variable física en la que se integraron los datos resultantes de cada caso con el propósito de cumplir con el objetivo seis el cual consiste en realizar un análisis comparativo y describir las posibles similitudes o discrepancias que se representaban en cada situación.

En la **Temperatura de Bulbo Seco**, se obtuvo congruencia en los resultados obtenidos referente a los dos métodos de correlación utilizados ya que se estimaron valores próximos tanto en la temperatura neutral, así como en el rango de confort de la RLS con respecto al rango de confort reducido del MIST. En lo que corresponde a la variación entre un periodo y otro, se presenta una ligera disminución de adaptación en el periodo cálido con respecto al frío ya que se estimaron rangos de confort con amplitudes menores. En el periodo frío se aprecia una adaptación tanto a temperaturas tendientes a lo frío como a las tendientes a lo caluroso de entre 12,5 °C a 26,0 °C, con valor óptimo oscilando entre los 19,0 °C y 20 °C, mientras que en el periodo cálido se reduce la adaptación a temperaturas por de bajo de los 19,2 °C y se tolera como máximo hasta un 25,1 °C, el valor óptimo en éste se estima alrededor de los 22,0 °C, Como se muestra en la

Figura 49.

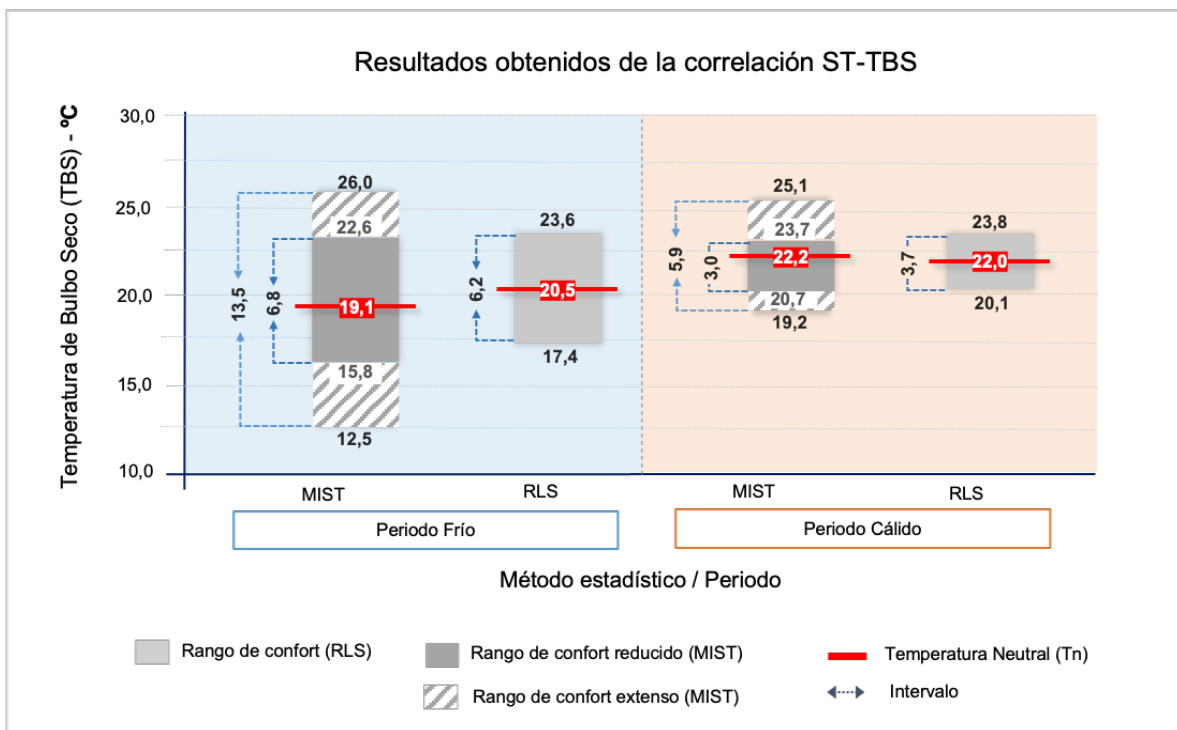


Figura 49. Gráfica comparativa de la correlación de la ST-TBS en el periodo frío y cálido a partir del MIST y la RLS.

Fuente: Elaboración propia.

Para el periodo frío, el rango de temperatura que ofrece el ambiente va de 9,2 °C a 19,2 °C (Huerta, 2018), lo que implica que las condiciones mínimas dadas en este periodo (9,2 °C), por lo regular en las mañanas, son inferiores a las mínimas requeridas (obtenidas en este estudio) para el confort (12,5 °C), por lo que es necesario para las personas optar por mecanismos (tales como incrementar su nivel de arropamiento, ingerir bebidas calientes, exponerse al sol matutino, entre otros) para adaptarse a condiciones frías por las mañanas, por otro lado, las condiciones cálidas (19,2 °C) que se presentan por la tarde, son óptimas de acuerdo al valor de neutralidad estimado con el MIST (19,1 °C), por lo que las personas podrían sentirse en confort, referente a la temperatura, en el periodo frío alrededor de las 15 h 00.

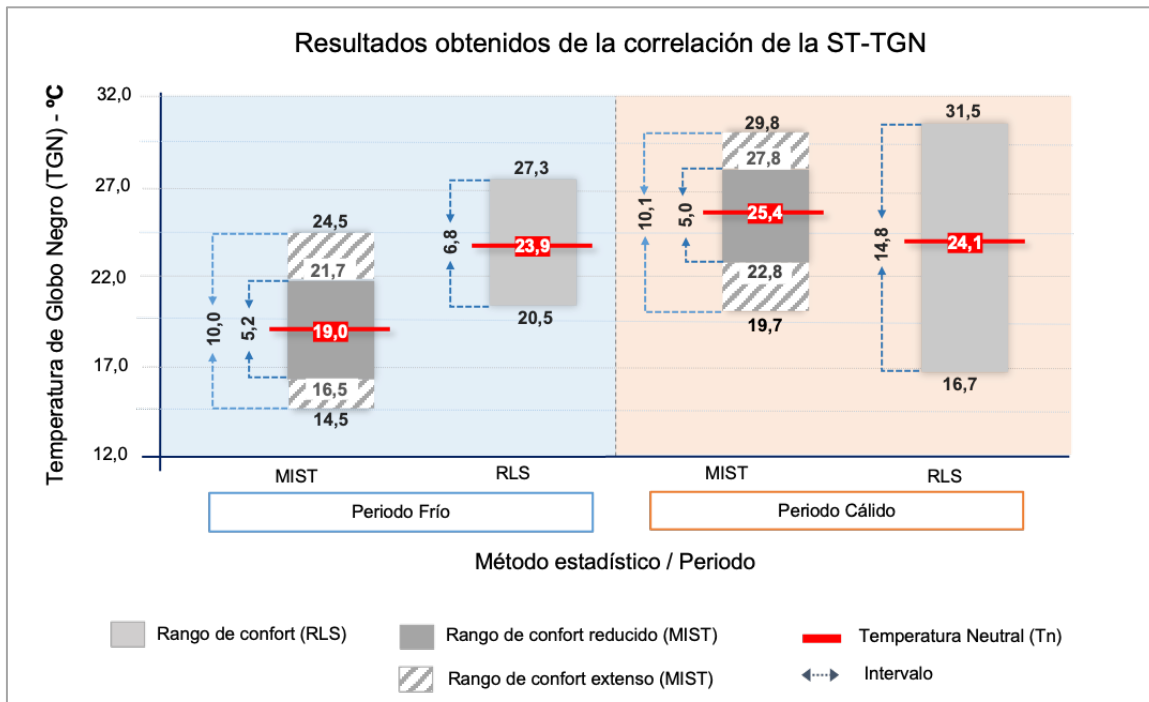
En cuanto al periodo cálido, el rango de temperatura estimado va desde 19,2 °C hasta 25,1 °C, el cual se encuentra dentro de las temperaturas presentadas en el ambiente con un mínimo de 17,3 °C y una temperatura máxima de 24,9 °C (Huerta, 2018), por lo que, en este caso, la adaptación requerida es mínima respecto al periodo anterior.

En la **Temperatura de Globo Negro**, en el caso del periodo frío, el MIST resultó con un rango de confort más extenso (de 14,5 °C a 24,5 °C) que el de la RLS (de 20,5 °C a 27,3 °C), mientras que en el periodo cálido ocurrió lo contrario, ya que fue la RLS (de 16,7 °C a 31,5 °C), el método que presentó un rango de confort mas grande con respecto al rango de confort extenso del MIST (de 19,7 °C a 29,8 °C). En ambos periodos los límites superiores del rango de confort extenso estimados con el MIST y el resultante del rango de confort de la RLS, se encontraron con mayor cercanía en comparación a los límites inferiores de los mismos.

En el periodo frío con el MIST, se muestra mayor adaptación a temperaturas tendientes a lo frío con un límite inferior de 14,5 °C, mientras que la RLS refleja mayor adaptación a temperaturas tendientes a lo caluroso hasta los 27,3 °C. Lo anterior reflejó poco grado de relación entre los resultados obtenidos con ambos métodos estadísticos, ya que además, los límites inferiores se encuentran distantes entre sí siendo de 14,5 °C en el MIST y 20,5 °C en la RLS, al igual que los valores neutrales (19,0 °C en el MIST y 23,9 °C en la RLS) con una diferencia de 4,9 K.

En el periodo cálido, en ambos métodos, se muestra mayor adaptación a temperaturas altas (por encima del valor neutral) con menor adaptación a temperaturas por debajo de 16,7 °C (tendiente a lo frío), por lo que se aprecia una relación entre ambos métodos, ya que los límites superiores se encontraron cercanos entre sí, con 29,8 °C en el MIST y 31,5 °C en la RLS, además de que se mostró proximidad en los valores neutrales obtenidos, siendo de 25,4 °C en el MIST y de 24,1 °C en la RLS con una diferencia de tan solo 1,3 K.

Cabe mencionar, en cuanto a la comparativa de resultados por periodo, el rango de confort de la RLS en el periodo frío y el rango de confort extenso del MIST en el periodo cálido se encuentran cercanos entre sí, siendo de 20,5 °C a 27,3 °C y de 19,7 °C a 29,8 °C respectivamente, así mismo ocurrió con los valores neutrales, de 23,9 °C en el periodo frío y de 25,4 °C para el periodo cálido, con una diferencia de 1,5 K (Figura 50).



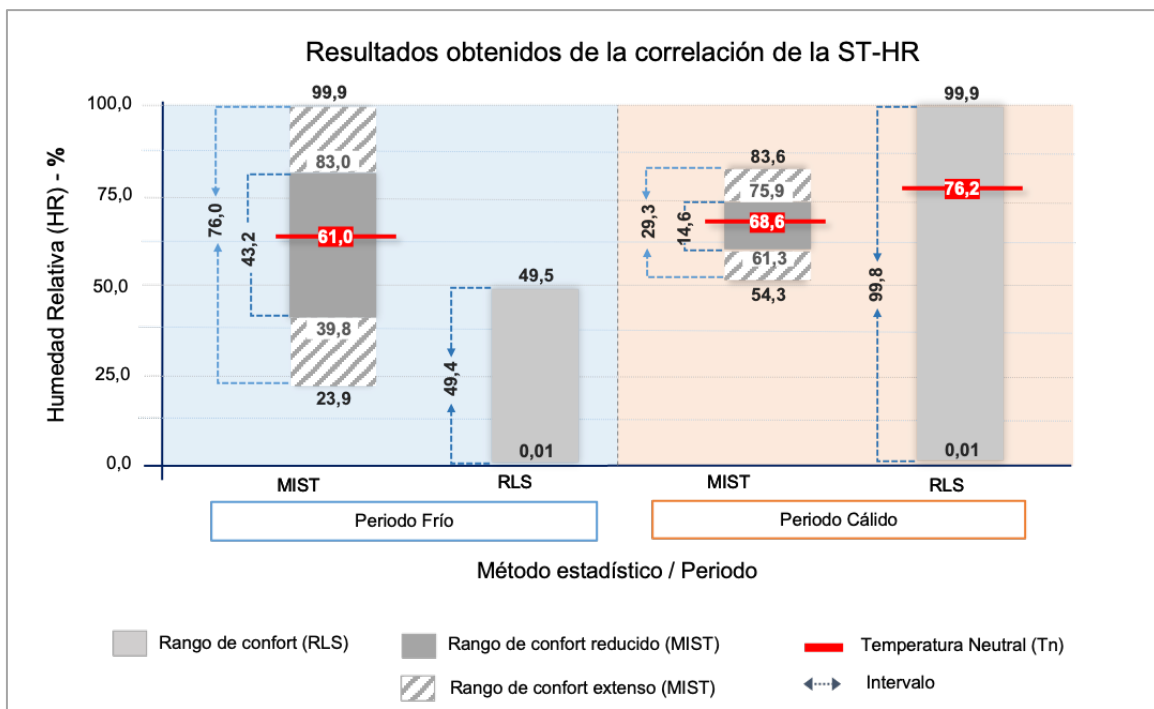
**Figura 50.** Gráfica comparativa de la correlación de la ST-TGN en el periodo frío y cálido a partir del MIST y la RLS.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la **Humedad Relativa**, no se mostró relación en los resultados obtenidos en cuanto a la comparación de los métodos utilizados por periodo en el caso del frío, el MIST reflejó un amplio rango de confort (de 23,9% a 99,9%), mientras que, en el cálido, fue la RLS la que reflejo una tolerancia con mayor amplitud (de 0,01% a 99,9%). En ambos periodos, se obtuvieron mejores resultados con el MIST, ya que con la RLS, en el periodo frío no fue posible estimar el valor neutral de humedad (dado a que este se salía de la escala indicativa de HR) y, en el periodo cálido, el rango de confort resultante va desde el valor mínimo hasta el máximo de HR (de 0,01% a 99,9%), dado que los límites inferior y superior, desde el punto de vista estadístico, quedan fuera de la escala de la variable analizada (0,0 % - 100,0 %), por lo que indicaría que en todo momento se tiene tolerancia a la humedad, lo cual resulta incierto.

Por lo tanto, tomando como referencia únicamente el MIST, para el periodo frío se obtuvo adaptación, tanto a niveles por encima del valor de neutralidad, como a niveles por debajo de éste, equivalente a un 23,9 %, mostrando mayor inclinación hacia los valores superiores llegando hasta el límite de HR de 99,9 %. En el periodo cálido, a diferencia del frío, no se obtuvo adaptación a la HR por debajo del 50 %, el rango de confort se encontró entre el 54,3 % y el 83,6 % (tendencia hacia porcentajes por encima el 50%).

En el periodo frío, la amplitud de la HR presentada en el ambiente va desde el 46,2 % hasta el 89,5 %, y, en el periodo cálido, la HR se encuentra entre 65,3 % y el 92,8 % (Huerta, 2018), por que los rangos de confort estimados en ambos periodos se encuentran dentro de los valores registrados en la ciudad de Ensenada (el rango reducido en el caso del periodo frío), en cuanto a los valores neutrales de humedad, resultaron cercanos en ambos periodos, siendo de 61,0 % en el frío y 68,6 % en el cálido (Figura 51).



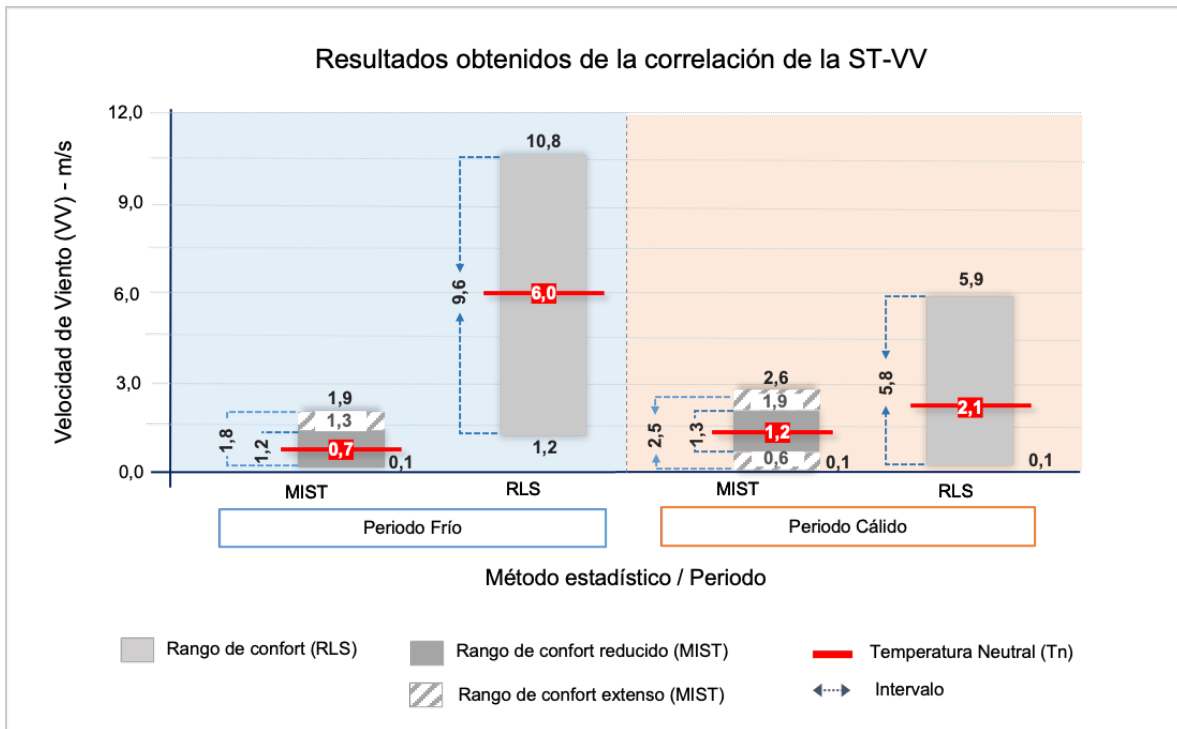
**Figura 51.** Gráfica comparativa de la correlación de la ST-HR en el periodo frío y cálido a partir del MIST y la RLS.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la **Velocidad de Viento**, no se obtuvo relación entre los resultados estimados por método estadístico, en ninguno de los dos periodos de estudio, ya que, el rango de confort de la RLS, en ambos casos, resultó por encima de los rangos estimados con el MIST, de manera sustancial.

En el caso de periodo frío, los valores neutrales resultantes en ambos métodos, reflejan lejanía, siendo de 0,7 m/s en el MIST y de 6,0 m/s en la RLS. El rango de confort extenso del MIST fue de 0,1 m/s a 1,9 m/s, mientras que el rango de confort de la RLS fue de 1,2 m/s a 10,8 m/s. Dado a lo anterior, en este caso, el método que obtuvo resultados con mayor consistencia respecto a las condiciones naturales del sitio fue el MIST ya que los valores dados por la RLS (valor neutral y límite del rango de confort superior) no corresponden a los datos presentados durante el periodo de evaluaciones (enero y febrero del 2020), siendo el valor máximo de 4,2 m/s, así como a los valores derivados del análisis climático de Ensenada presentado por Huerta (2018) (promedio de registros de VV del 2000 al 2017), con un promedio máximo de 3,5 m/s, por lo tanto, se asume que, el método de la RLS no presenta congruencia entre las condiciones de viento dadas y lo percibido por los sujetos evaluados.

Como se muestra en la Figura 52, al igual que en el periodo frío, en el cálido fue el MIST el método que mostró mayor consistencia en los resultados obtenidos, ya que el límite superior del rango de confort de la RLS (5,9 m/s) resultó por encima de las condiciones de viento presentadas en el estudio. El rango de confort extenso obtenido con el MIST fue de 0,1 m/s a 2,6 m/s con un valor neutral de 1,2 m/s, con una diferencia de 0,9 m/s respecto al valor neutral de la RLS (2,1 m/s).



**Figura 52.** Gráfica comparativa de la correlación de la ST-VV en el periodo frío y cálido a partir del MIST y la RLS.

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo con los valores obtenidos con el MIST en ambos periodos y a las condiciones que ofrece el ambiente; en el periodo frío, las condiciones dadas (VV promedio de 2,8 m/s) se encuentran por encima de las máximas soportadas (Huerta, 2018), de acuerdo al rango de confort extenso (1,9 m/s), por lo que las personas requieren de mecanismos (tales como incrementar su nivel de arropamiento, ingerir bebidas calientes, exponerse al sol matutino, entre otros) para adaptarse a condiciones frías en los espacios exteriores, y, en cuanto al periodo cálido, el viento que ofrece el ambiente, es de una velocidad promedio de 2,2 m/s (Huerta, 2018), lo que implica que las condiciones dadas (al igual que en el periodo frío), se encuentran por encima del valor óptimo estimado en este estudio (1,2 m/s), sin embargo es un valor próximo al límite superior del rango de confort extenso estimado (2,6 m/s), por lo que, de ser el caso se requiere de una menor adaptación por parte de las personas.

A partir de las conclusiones particulares por objetivo, es posible inferir las siguientes conclusiones generales:

Los sitios elegidos para realizar el estudio, dentro de la U.A.B.C. campus Sauzal, resultaron apropiados para el desarrollo de la investigación ya que cumplen con los criterios de espacios exteriores de uso público en cuanto a su dimensión ambiental, por lo que los resultados no son exclusivos para la institución educativa, sino que pueden ser considerados al momento de realizar el diseño de cualquier espacio público en la ciudad de Ensenada.

De la misma manera, se obtuvo aceptación en cuanto a la disposición por parte de los usuarios para ser evaluados, por lo que, en ambos periodos de estudio (frío y cálido), la

muestra evaluada supero sustancialmente a la muestra diseñada como se expone en la Figura 20 (pág. 38).

En cuanto al análisis de los resultados obtenidos con el MIST y la RLS, fue posible apreciar que, con la RLS, tanto en la HR, así como con la VV, los valores obtenidos no derivan de una correlación causal o fenomenológica lo que implica que los resultados podrían no corresponder con las condiciones presentadas en el sitio e incluso estimar rangos de confort abarcando desde el valor mínimo hasta el máximo de la escala de valores de la variable individual, lo cual ocurrió en el caso de la HR en el periodo cálido (Figura 46, pág. 86).

Por lo anterior, se asume que el método estadístico de Regresión Lineal Simple no podría considerarse del todo certero para llevar a cabo estudios de este tipo (confort térmico en exteriores) en cuanto a la Humedad Relativa y a la Velocidad de Viento, dado a que los resultados son ájenos a las condiciones reales presentadas en el ambiente. En contraste, el método de Medias por Intervalo de Sensación Térmica ofreció valores congruentes con las condiciones típicas que dan lugar de forma natural en el sitio, lo que permite entrever la relación fenomenológica que éste presenta respecto a condiciones reales de estudio.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. (2017). *ANSI/ASHRAE Standar 55-2017. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta.
- Ashihara, Y. (1982). *El diseño de espacios exteriores*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Bedford, T. (1936). "The Warmth Factor in Comfort at Work: a Physiological Study of Heating and Ventilation" in Report No. 76. HMSO. Industrial Health Research Board.
- Blazejczyk, K., & Krawczyk, B. (1991). The influence of climatic conditions on the heat balance of the human body. *Int. J. Biometeorology*, Vol. 35, No 1, pp. 103-106, Swets & Zeitlinger.
- Bojórquez, G. (2010). *Conofrt térmico en exteriores: Actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo*. Tesis doctoral. Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura y Diseño. Colima.
- Brager, G., & de Dear, R. (2003). Historical and cultural influences on comfort expectations. Ch. 11 Cole, R. and Lorch, R. (eds) . *Buildings, Culture and Environment: Informing Local and Global Practices*, (Blackwell: London) pp. 177-201.
- Cedar Lake Ventures, Inc. (2018). *El clima promedio en Ensenada*. Obtenido de Weather Spark: Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/2050/Clima-promedio-en-Ensenada-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o> (Consultado el 24 de noviembre del 2019)
- Chávez, F. (2002). *Zona Variable de confort térmico*. Tesis doctoral no publicada. Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Barcelona.
- Critchfield, H. (1974). *Climate and human comfort*. General Climatology. London: Prentice-Hall.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2019). *Proyecciones de la población de los municipios de México 2015-2030*.
- Fanger, O. (1972). *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill.
- Fuentes, V., & Figueroa, A. (1990). *Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura, Instituto Mexicano del Seguro Social*. México.
- Gagneten, A. M., Imhof, A., Mariami, M. d., Zabala, J. M., Tomas, P., Amavet, P., . . . Ojea, N. (2015). *Biología, Conceptos Básicos*. Universidad Nacional del Litoral .
- González Cruz, E. M. (2009). Sobre el confort térmico: temperaturas neutrales en el trópico húmedo. *PALAPA, Revista de Investigación Científica de Arquitectura* , pp. 33-38.
- González Cruz, E. M., & Bravo Morales, G. C. (2009). Sobre el confort térmico: temperaturas neutrales en el trópico húmedo. *Palapa, vol. IV, núm. I*, pp. 33-38.
- González, E., & Bravo, G. (2003). *Confort Térmico en el Trópico Húmedo: Experiencias de Campo en Viviendas Naturalmente Ventiladas*. Venezuela.

- Givoni, B., Noguchi, M., Saaroni, H., Pochter, O., Yaacov, Y., Feller, N., & Becker, S. (2003). Outdoor comfort research issues. *Energy and buildings*, 35, pp. 77-86.
- Guevara, R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿Análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? *Folios*, núm. 44, pp. 165-179.
- Guzmán, F., & Ochoa, J. (2014). Confort térmico en los espacios públicos urbanos, clima cálido y frío semi-seco. . *Hábitad Sustentable*, Vol. (4), pp. 52-63.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hawkins-Douglas, M. (1980). Identification of outliers, Chapman and Hall, Reading. *London*, pp: 128-35.
- Hernández, R. (2017). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana editores, S.A. de C.v.
- Huerta, B. (2018). *Manual de diseño pasivo para el arquitecto: un reflejo del análisis climático y bioclimático de Ensenada, Baja California*. (Tesis de licenciatura no publicada) Ensenada.
- Hoppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34, pp 661-665.
- Humphreys, M., & Nicol, F. (1998). Understanding the adaptative approach to thermal comfort. *ASHRAE Transactions, Technical Bulletin*. 104 (1), pp. 991-1004. Atlanta: ASHRAE.
- International Organization for Standarization. (2005). *ISO 7730:2005 (E) Ergonomics of the thermal enviroment - analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Ginebra: Autor.
- International Organization for Standarization. (2002). *ISO 10551:1995 (E) Ergonomics of thermal enviroment – assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales*. Ginebra: Autor.
- International Organization for Standarization. (2004). *ISO 8996:2004 (E) Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate*. Ginebra: Autor.
- International Organization for Standarization. (1998). *ISO 7726:1998 (E) Ergonomics of the thermal enviroment – instruments for measuring physical quantities*. Ginebra: Autor.
- International Organization for Standarization. (2007). *ISO 9920:2007 (E) Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble*. Ginebra: Autor.
- Kelmansky, D. (2010). *“Regresión Lineal Simple”*. Obtenido de Estadística (Q) Universidad de Buenos Aires, Argentina.: Disponible en: [http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica\\_Q/2010/2/C014](http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2010/2/C014) (consultado el 12 de agosto de 2020).
- Lozano Ramón, C. P. (2010). *Aplicación de sistemas de ventilación natural para el confort térmico de las habitaciones en un conjunto de viviendas multifamiliares-distrto de Pichanaki (Tesis de licenciatura)*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú.

- Mondelo, P., Gregori, E., Comas, S., Emilio, C., & E., B. (2001). *Ergonomía 2: Confort y estrés térmico. (3ra. Edición)*. Barcelona: Politècnica Catalunya.
- Mondelo, P., Gregori, E., Comas, S., Castejón, E., & Bartolomé, E. (2005). *Ergonomía 2 Confort y estrés térmico*. Barcelona: Editions UPC.
- Marques, L., & Peinado, M. (2007). Empirical evaluation of outdoor thermal comfort models considering different microclimatic conditions. *24th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Singapur: PLEA. pp 389-393.
- Myers, D. (2005). *Psicología*. Buenos Aires: Medica Panamericana.
- Namakforoosh, M. (1996). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: Ed. Limusa.
- Nikolopoulou, M. (2004). *Designing open space in the urban environment: a bioclimatic approach*. . Attiki: Center for renewable energy sources.
- Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35, pp. 95-101.
- Noguchi, M., & Givoni, B. (1997). Outdoor comfort as a factor in sustainable town. *Proceedings of the Second International Conference for Teachers in Architecture*, Paper 3.01, Florence, Italy.
- Portela Santiago, M., Guevara Velazco, A., & León Lee, A. (2000). Cálculo y Terminología de las Sensaciones Térmicas en el pronóstico del tiempo para Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, pp. 30-33.
- Raffino, M. E. (11 de abril de 2019). *Equilibrio Térmico*. Obtenido de Concepto de: [www.//concepto.de/equilibrio-termico/](http://concepto.de/equilibrio-termico/)
- Restrepo, E. (2003). *Elaboración de un Proyecto de Investigación*. Colombia: Instituto de Estudios Sociales y Culturales, Pontificia Universidad Jeneriana.
- Reynaga Obregón, J. (2007). *Lecturas de apoyo sobre estadística analítica [on-line]*. Obtenido de Calameo: Disponible en: <https://es.calameo.com/read/004174781a420cd9b0b83>. (consultado el 27 de agosto de 2020).
- Rincón, J. (2015). *Confort térmico en bioclima semi-frío: Estimación a partir de los enfoques de estudio adaptativo y predictivo*. Tesis Doctoral. Ciudad de México.
- Rincón, J.; Fuentes, V. (2014). *Bioclimatic Analysis Tool (BAT)*. México.
- Ruth, S., Boniolo, P., Dalle, P., & Elbert, R. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires.
- Saaroni, H., Bitan, A., Ben, E., & Feller, N. (2004). The mixed results concerning the „oasis effect“ in a rural settlement in the Negev Desert, Israel. *Journal of Arid Environments*. Volume 58, Issue 2, pp. 235-248.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2001). *NOM-015-STPS-2001, Condiciones Térmicas Elevadas o Abatidas - Condiciones de Seguridad e Higiene, Norma Oficial Mexicana*, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de diciembre de 2001.

- Szokolay, S. (2003). *Introduction to Architectural Science: The basis of sustainable desing*. London: Architectural Press, Elsevier.
- Tamayo, M. (2001). *El proceso de la investigación científica*. Ciudad de México: Limusa.
- Tresguerres, J. (2005). *Fisiología humana*. Madrid: McGraw-Hill.
- Tortora, G., & Grabowski, S. (2002). *Principios de Anatomía y Fisiología*. (9a edición), México: Oxford University Press.

